AUS DEM WISSENSCHAFTLICHEN LABORATORIUM DER TECHNISCHEN ABTEILUNG DES ZAHNÄRZTLICHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT ZU BERLIN

RÖNTGENSTRAHLENWIRKUNG AUF DEN WACHSENDEN HUNDEKIEFER EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER ORGANVERÄNDERUNGEN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER ZAHNÄRZTLICHEN DOKTORWÜRDE

AN DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BERLIN

VORGELEGT VON

KURT HEROLD

AUS BERLIN

Tag der Promotion: 26. Feb. 1931

VERLAGSBUCHHANDLUNG JULIUS SPRINGER IN BERLIN. 1931

200

Vorgelegt mit Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin
Dekan: Geh.-Rat Prof. Dr. Stoeckel
Referent: Professor Dr. W. Adrion

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderabdruck aus „Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde". 1931, Heft 3.
(Verlag von Julius Springer in Berlin.)

Nach Entdeckung der Röntgenstrahlen erkannte man sehr bald, daß speziell die Zellen, die ein rasches Wachstum besitzen, Keimzellen, Epithelzellen usw., eine besondere Strahlenempfindlichkeit aufweisen, während andere Zellen der Stützsubstanzen keine Veränderungen zeigen, wie z. B. der fertige Knochen.

So kam es denn, daß im Laufe der Jahre die Wirkung der Röntgenstrahlen ganz verschieden beurteilt wurde, und zu den Stimmen, die den Röntgenstrahlen eine heilende Wirkung zuschrieben, gesellten sich sehr bald solche, die vor einer kritiklosen Anwendung warnten. Die zur Klärung dieser Frage angestellten Versuche sind außerordentlich zahlreich und lassen sich dahingehend zusammenfassen, daß den Röntgenstrahlen eine allgemeine und eine lokale Wirkung innewohnt.

Iselin und *Dieterle* sprechen von einer Fernwirkung der Röntgenstrahlen in dem Sinne, daß durch Bestrahlen von Gelenken bei Ratten, Mäusen, Hunden usw. ein rasches Körperwachstum in der Regel eintritt.

Die günstige bzw. schädigende Beeinflussung des Organismus ist von verschiedenen Faktoren abhängig: von der Strahlendosis, der Applikationsstelle, dem Alter und von den inneren und äußeren Lebensbedingungen, kurzum von der Radiosensibilität des Individuums (*F. Ch. Geller, Müller, Iselin, Hoffmann*).

Interessant sind die Versuche von *Jüngling*, die dieser an jungen Pflanzen gemacht hat. Die Wirkung ist auch hier bedingt durch die Strahlenmenge, die Art der Pflanze und durch ihre Radiosensibilität. Man kann sagen, daß kleine Dosen die Entwicklung fördern, während große das Wachstum hemmen. Die Höhe und Breite der Reizdosis ist umgekehrt proportional der Strahlenempfindlichkeit der Pflanze. Außerdem spielen die inneren und äußeren Lebensbedingungen eine große Rolle. Pflanzen in regem Wachstum sind empfindlicher als langsam wachsender oder ruhender Samen. Je günstiger die äußeren Lebensbedingungen, um so intensiver die Strahlenwirkung. Auch die Applikationsstelle ist von großer Wichtigkeit. Da die Wirkung somit von verschiedenen Faktoren abhängt, gibt es für Wachstumshemmung und Förderung keine absoluten Strahlendosen, sondern die zur Erzielung eines bestimmten biologischen Effektes notwendige Strahlenmenge ist relativ.

Die Dauer der Wirkung scheint, sofern nicht der Zelltod erfolgt, sowohl für Reiz- als auch für Hemmungswirkung beschränkt. Einer anfänglichen Entwicklungsförderung folgt gelegentlich eine Entwicklungshemmung. Mikroskopisch wurden bei nicht allzu großen Dosen keine schweren Zellschädigungen, sondern nur Verlangsamung und bei kleinen Dosen Beschleunigung der Entwicklung beobachtet. Soweit die Erfahrung der Strahlenexperimente an jungen Pflanzen (*Geller*).

Überträgt man diese Erkenntnis auf junge Tiere, so erkennt man auch hier örtliche als auch allgemeine Erscheinungen, die sich in Wachstumshemmung bzw. Wachstumsförderung auswirken können. Auch hier ist die Wirkung abhängig von der Strahlendosis, indem kleine Dosen wachstumsfördernd, größere Dosen wachstumshemmend wirken. Außerdem spielt das Alter der Tiere insofern eine Rolle, als jüngere Tiere empfindlicher auf die Strahlen reagieren als ältere. Auch die Applikationsstelle ist von großer Wichtigkeit hinsichtlich der physiologischen Aufgabe der Organe. Die Allgemeinwirkung scheint um so größer, je lebenswichtigere Organe im Strahlenkegel liegen, was besonders intensiv durch Bestrahlung der endokrinen Drüsen zum Ausdruck kommt (*Geller*).

Noch eine wichtige Lehre müssen wir für die Therapie aus den Erfahrungen im Experiment ziehen. Um die Strahlen möglichst nutzbar zu machen, müssen für den jugendlichen Organismus günstige Lebensbedingungen geschaffen werden, um ihn in einen möglichst radiosensiblen Zustand zu versetzen. Man muß daher bei der Dosierung große Vorsicht walten lassen, da ja der gesamte Organismus sensibilisiert ist.

Diese Tierexperimente lassen sich aber nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragen, da wir es bei den Tieren mit gesunden Individuen zu tun haben, bei denen wir den Zeitpunkt der Bestrahlung selbst bestimmen, während wir in der ärztlichen Praxis kranke Individuen, also Organismen unter ungünstigen Lebensbedingungen bestrahlen (*Geller*).

Die in der Literatur angegebenen Schädigungen, die durch Röntgenstrahlen hervorgerufen werden, sollen nach folgenden Gesichtspunkten behandelt werden:

1. Veränderungen bzw. Schädigungen an den Organen,
2. Fruchtschädigungen und Mißbildungen,
3. Wachstumsstörungen.

Die Frage der spezifischen Wirkung der Röntgenstrahlen kann nach zwei Richtungen geprüft werden:

1. nach ihrem spezifischen Effekt,
2. nach einer besonderen Stufenfolge der Empfindlichkeit verschiedener Gewebe oder Zellen dem geprüften Reize gegenüber.

Als Beispiel eines spezifischen Effektes der Röntgenstrahlen seien die Veränderungen der Mitosen in den bestrahlten Geweben beschrieben, wonach die gesamte Ablaufszeit der Röntgenwirkung sich hinsichtlich der Mitosenveränderungen in 3 Abschnitte gliedern läßt. So unterscheidet man:

den Primäraffekt, gekennzeichnet durch Pseudoamitosen und Pyknosen,
die mitosenfreie Zwischenzeit und
den Sekundäraffekt, bei dem Zerfall, Ablenkung der Chromosomen und Teilkernbildung zu beobachten ist (*Politzer*).

Nach Bestrahlung innerer Organe zeigten sich im Tierversuch Veränderungen an der Haut sowie Tonusveränderungen an den Gefäßen. Je nach der Menge der Bestrahlung lassen sich an der Niere leichte Gefäßveränderungen bis zum Bilde der Schrumpfniere erzeugen. Tonusveränderungen finden sich in der Leber, im Rückenmark und in der Nebenniere. Dortige Veränderungen schaffen das Bild der epirenalen Kachexie (*Gabriel*).

An den Gefäßen der Subcutis wurden schwere Veränderungen festgestellt, wie vakuoläre Degeneration, Hyalinisierung — bisweilen aller Gefäßwandschichten —, Verschluß der Gefäßlichtung (*Grassmann*) sowie Auflockerung der Gefäßwand, Aufquellung und Fehlen des Endothels und kleinzellige Infiltrate (*Beermann* und *Linser*).

Durch hohe Gesamtdosen treten Veränderungen des Blutes auf, die sich an den roten Blutkörperchen in Form einer Polychromasie zeigen und bis zur Hämolyse gesteigert werden können (*Dyroff*).

Im strömenden Blute führt die Bestrahlung zur Leukocytose, Leukopenie bis zum völligen Verschwinden der Leukocyten, wobei auch die roten Blutkörperchen schon bei geringen Dosen eine Schädigung erfahren. Hämosiderinablagerung findet sich in der Milz.

Wenige Stunden nach der Bestrahlung zeigt sich im Knochenmark Zerfall in den spezifischen Zellformen. Die ausgereiften, polymorphkernigen, neutrophilen Leukocyten bleiben am längsten intakt. Phagocyten verarbeiten die Zelltrümmer, so daß ein an spezifischen Zellen armes Knochenmark zurückbleibt, in dem sich erweiterte Capillaren, vollgepfropft mit roten Blutkörperchen, befinden. Das Knochenmark hat makroskopisch eine gallertartige Umwandlung erfahren (*Domagk*).

Auch Knorpel und Knochen können durch hohe Strahlendosen beeinflußt werden, insbesondere der Kehlkopfknorpel. Hier zeigt sich, daß der wachsende Knochen empfindlicher ist als der des Erwachsenen. Bestrahlung des Kniegelenkes beim Kinde führt zu einer Verkürzung des Beines (*Domagk*). *Recamier* und *Segall* stellten sogar eine Verknöcherung des Kniegelenkes fest. Nach *Müller* zeigt der fertige Knochen keine Veränderungen, während die Epiphysenfugen besonders empfindlich sind. Die Knorpelwucherungszone ist breiter, die Knorpelzellen stehen weiter auseinander, der Verkalkungsprozeß ist zurückgeblieben (*Hoffmann*). Spätschädigungen an Knochen und Knorpel sind selten mit Ausnahme des Kehlkopfes und Unterkiefers beim Menschen (*Grassmann*).

Bestrahlung des Kopfes rief Krämpfe und Lähmungserscheinungen mit tödlichem Ausgang hervor, Verklebung sowie Verdickung der Meningen und hämorrhagische Verhärtung im Rückenmark (*Rhodet-Bertin*).

Auch degenerative Wirkung auf Netzhaut und Sehnerv wurden beobachtet. Zuerst erkranken Nervenzellen der Netzhaut, in allererster Linie die Ganglienzellen bis zu ihrem völligen Zerfall (*Birsch-Hirschfeld*).

Bei Meerschweinchen wurden keine Veränderungen am Gehirn wahrgenommen. Schädigung der Gehirnmasse tritt bei größeren Säugetieren nicht ein, da der Schädelknochen einen beträchtlichen Teil der Strahlen absorbiert und die Gehirnmasse wenig empfindlich ist (*Wetterer*).

Die therapeutische Anwendung der Röntgenstrahlen bei Knochenbrüchen zeigte, daß die Callusbildung gestört wird und eine größere Produktion an Knorpelzellen vor sich geht. Man erkennt eine erschwerte Umwandlung des osteoblastischen Gewebes, eine Schmächtigkeit der Knochenbälkchen mit später reichlicher Ablagerung von Kalksalzen, wodurch eine größere Härte des Callus entsteht (*Salvetti*). Über Verzögerung der Callusbildung und Konsolidation, wobei äußerlich jede Anschwellung der Bruchstelle durch Callusbildung fehlte, konnten *Kluzet, Dubrenil, Müller, Köhler* berichten.

Nach Bestrahlung der Gebärmutter bei Myomkrankheit treten häufig Aborte ein als Folge der Bestrahlung infolge Muskelschädigung der Gebärmutter (*Flaskamp*).

Auch die Nachbehandlung eines Unterlippencarcinoms führte nach $1^1/_2$ Jahren zur Nekrose des Unterkiefers (*Perthes*).

Eine Nekrose der Rippen nach Behandlung eines Mammacarcinoms sahen *Petersen* und *Hellmann* auftreten.

2 Jahre nach der Behandlung eines Unterlippencarcinoms trat ein leichtes induriertes Ödem ein und nach weiteren 5 Jahren Anschwellung der linken Gesichtshälfte, Absceß und Fistelbildung. Das Röntgenbild zeigte eine diffuse Veränderung des Knochens ohne scharfe Demarkation und keine reaktive Periostitis. Ein Röntgenulcus war nicht vorhanden. Der Prozeß schritt weiter fort. Im Röntgenbild ergab sich eine pathologische Fraktur. Ferner zeigten sich am horizontalen Unterkieferast Veränderungen in Form von Aufhellungen, in deren Bereich der Knochen bereits dem Granulationsgewebe zum Opfer gefallen war. In diesem Falle handelte es sich um eine Spätnekrose der Mandibula infolge Röntgenbestrahlung (*Rahm*).

3 Jahre nach Bestrahlung eines Uteruscarcinoms stellten sich Röntgenulcera über den Trochanteren ein. Gleichzeitig kam es zu Spontanbrüchen beider Schenkelhälse. Besonders wegen der vorhandenen Symmetrie glaubt man eine Skeletschädigung annehmen zu können (*Baensch*).

Zwecks Nachprüfung der Schädigung ergaben diesbezügliche Tierversuche, daß nach der Geburt bestrahlte Tiere Schädigungen des zentralen Nervensystems aufwiesen (*Brunner, Schwarz, Krukenberg*).

Wiederholt bestrahlte Ohren eines Kaninchens riefen ein echtes, malignes, metastasierendes Carcinom hervor. Je nach der Menge der Strahlen erhält man Nekrose, Ulcus oder Carcinom. Der Entzündungsvorgang ist gering, die Haut pigmentlos, die Haare sind hell, verkümmern, fallen aus. An den Ohren zeigen sich Veränderungen, Atrophie der Haut, Gefäßalteration, Hyperkeratosen und Nekrotisierung. Die Haut wird brüchig, hart, ulcerös, perforiert. Die Ohrpartie wird abgestoßen. Der ulceröse Rand wird narbig und sklerotisch. Es entwickelt sich ein Carcinom mit reichlicher Metastasenbildung und eine miliare Carcinose beider Lungen. Im histologischen Aufbau handelt es sich um Cancroide mit Stachelzellen sowie um Auftreten von mehrkernigen Zellen und Riesenzellen (*Bloch*).

Die Bestrahlungen von Ovar und Hoden führten zu Schädigungen, die denen, die man nach Bestrahlung von Früchten im Uterus gesehen hat, gleichzusetzen sind. Keimschädigung gleich Fruchtschädigung (*Seynsche*).

Therapeutische Bestrahlungen beim Menschen haben noch nie ein geschädigtes Kind gezeitigt, da die heranreifenden Eier so schwer geschädigt werden, daß sie im Falle der Befruchtung im frühen Entwicklungsstadium zugrunde gehen (*Nürnberger*).

Bei intra graviditatem bestrahlten Kindern traten Schädigungen des zentralen Nervensystems, der Augen, Mikrocephalie, Mikroophthalmie, Linsentrübung sowie Opticusatrophie auf (*Feldweg*).

Die Früchte bestrahlter, gravider Kaninchen starben entweder im Uterus ab oder gingen bald nach der Geburt zugrunde oder wiesen Augenveränderungen, wie Star, Mikroophthalmie, Kolobom usw. auf (*Hippel*).

Bestrahlungen weißer, weiblicher Mäuse führten zu schweren Schädigungen der heranreifenden Eier. Aus ihnen hervorgehende Keime gingen in ganz frühen Entwicklungsstadien zugrunde (*Nürnberger*).

Über Mikrocephalie und Imbezillität eines Knaben von $3^1/_2$ Jahren berichtet *Hippel*. Die Mutter war nach dem 1. Schwangerschaftsmonat innerhalb drei Monaten 5mal bestrahlt worden wegen Myom des Uterus. Das Kind zeigte Veränderungen an den Augen, die als Hemmungsmißbildung mit einer chronischen Entzündung der Aderhaut angesprochen wurden.

Nach Bestrahlung von Schwangeren in den ersten Monaten kann der Fetus nach der Geburt ein Krankheitsbild aufweisen, das man als röntgenologe, fetale Mikrocephalie bezeichnet und sich durch Vorhandensein von Mikrocephalie, Augenstörungen, körperliche Unterentwicklung und andere Mißbildungen sowie epileptiforme Anfälle zu erkennen gibt. Geistige Zurückgebliebenheit meist mit mongoloider Gesichtsbildung ist immer vorhanden. Die Augenstörungen bestehen in Mikroophthalmie, mit der sich Hemmungsbildungen und entzündliche Erscheinungen, wie körperliche Zurückgebliebenheit, gekennzeichnet durch geringes Geburtsgewicht und Kleinheit, vereinigen. Auch später erweisen sich solche Kinder als körperlich zurückgeblieben. Mißbildungen treten vorwiegend an den äußeren Genitalien sowie an den unteren Extremitäten auf (*Zappert*).

Nach Bestrahlung einer Frau während der 4. bis 6. Woche der Schwangerschaft zeigten sich an der im 7. Monat geborenen Frucht schwere Schädigungen an den Armen. Die Ellenbogen waren nach außen luxiert und abnorm beweglich. An der rechten Hand war an Stelle des Daumens ein kirschgroßes, dünngestieltes Gebilde mit angedeutetem Nagel aber ohne Knochenkern. Die Röntgenaufnahme zeigte das Fehlen der beiden Radii (*Feldweg*).

Bei der Bestrahlung der Geschlechtszellen niederer Tiere vor der Befruchtung können Mißbildungen zustande kommen (*Hertwig*). Je nachdem die strahlengeschädigte Geschlechtszelle nach der Befruchtung sich an dem embryonalen Entwicklungsprozeß beteiligte oder nicht, kamen Mißbildungen oder parthenogenetische Bildungen zustande. Diese konnten normale Körperformen aufweisen, bestanden jedoch aus Zellen mit halber Chromosomenzahl. Je höher das Tier in der Tierreihe steht, desto früher zeigt sich ein Absterben der Embryonalanlage (*Hertwig*). Das unbefruchtete Säugetierei kann nach geringer Bestrahlung die Embryonalentwicklung noch in Gang bringen. Das Embryonalgebilde stirbt auf früher Entwicklungsstufe ab. Theoretisch besteht die Möglichkeit, daß das Ei nicht in der Entwicklung abstirbt, sondern zu einem Individuum

heranwächst, das versteckt eine Schädigung in sich tragen kann (*Nürnberger*). Die Möglichkeit der Entstehung lebensunfähiger Mißbildungen nach Strahleneinwirkung auf das Mutterovar kann angenommen werden (*Dyroff*).

Nach Bestrahlung von einseitigem Gesichtslupus stellte sich nach Jahren Zurückbleiben der betreffenden Gesichtshälfte ein. Auch am Handgelenk erscheinen Radius und Ulna nach der Strahleneinwirkung schmaler als auf der gesunden Seite. Die Behandlung eines talergroßen Naevus über dem Handgelenk mit X-Strahlen hatte durch Überdosierung Verbrennung, Veränderungen der Epiphyse und der Handwurzelknochen zur Folge (*Walter*).

Therapeutische Bestrahlungen bei Kindern erzeugten Wachstumsverzögerung an den Knochenweichteilen sowie Veränderungen in der Epiphysenlinie und Metaphyse. An der Zellarmut des Epiphysenmarkes ist der bestrahlte Knochen zu erkennen (*Iselin*). Bei einem 9jährigen Mädchen trat nach 5 Jahren Verkürzung des bestrahlten Beines ein (*Jüngling*). Bei einem 12jährigen Knaben zeigte sich Wachstumshemmung des Mittelfingers, der im 2. Lebensjahre wegen Tbc. bestrahlt worden war (*Stordeur*).

Nach therapeutischer Anwendung der Röntgenstrahlen stellten sich an einem lupösen Handgelenk schwere Veränderungen der Knochen und Gelenke ein (*Grassmann*).

Schwache Bestrahlung wirkt fördernd auf Uterus und Gewichtszunahme, hemmend auf das Längenwachstum (*Geller*). Geringe Bestrahlung des Uterus fördert die Entwicklung, während stärkere Bestrahlungen der Ovarien das Wachstum und die Gewichtszunahme hemmen (*Geller*).

Ahorn, Kastanien, Rhododendron zeigten, daß die bestrahlten Zweige und Knospen im Wachstum zurückblieben und nach 8 Tagen vertrockneten (*Försterling*). Wachstumshemmungen an Samen von Pflanzen wurden von *Czepa* und *Schindler* festgestellt.

Die Einwirkung der X-Strahlen auf Seidenraupen hat gezeigt, daß diese kleiner bleiben, nicht spinnen und kleine Kokons hervorbringen. Der Schmetterling kriecht nicht aus, sondern stirbt ab. Bestrahlte Vanessa-Urticae-Raupen entwickelten sich zu normalen Faltern, die aber ihre Fähigkeit zu fliegen eingebüßt hatten (*Bordier*).

Bei Bakterien, einzelligen Lebewesen, Eiern von Amphibien und deren Larven sind wachstumshemmende Eigenschaften beobachtet worden (*Försterling*). Amphibienlarven sind nach 3—4 Wochen tot. Sie zeigten Verkrümmung und Verkrüpplung. Das Zentralnervensystem war schwer geschädigt. Im Gehirn befanden sich nur noch Trümmer, und das Rückenmark war nur noch teilweise vorhanden (*Schmidt*). Je jünger die Tiere sind, desto stärker die Wachstumshemmung, je älter um so weniger tritt dieses Moment in Erscheinung (*Försterling*).

Küken, denen am 1. Lebenstage ein Flügel bestrahlt war, zeigten, daß dieser vom 7. Tage ab im Wachstum zurückblieb (*Perthes*, v. Langenbecks Arch. klin. Chir. **71**, 978).

Am Kopf, an der Scheitelgegend und rechten Gesichtshälfte bestrahlte Kaninchen, Hunde und Schafe waren nach 3 Wochen tot. Sektionsbefund: Milz klein und blaß, Leber blutreich (*Iselin*). Bestrahlte Kaninchen blieben im Größenwachstum um so mehr zurück, je länger die Bestrahlung dauerte. Meß-

bares Zurückbleiben des Kopfes, des Ohres, des Vorderbeines, der linken Toraxhälfte trat ein, auch die linke Niere war kleiner. Am Kopf und an den Vorderbeinen bestrahlte Tiere wiesen die gleichen Erscheinungen auf. Ein großer Teil von ihnen ging unter fortschreitender, hochgradiger Abmagerung zugrunde. Die nichtbestrahlte Milz war auffallend klein (*Försterling*).

2 bestrahlte Hunde, von denen der eine vorn, der andere hinten bestrahlt war, ließen schwere Störungen erkennen. Der Vornbestrahlte konnte nicht stehen und zeigte Tremor am Kopf und an den Vorderbeinen. Sobald seine Aufmerksamkeit gefesselt wurde, fing das Tier an zu zittern. Nach 3 Wochen legten sich die Erscheinungen. Der Hund blieb aber im ganzen im Wachstum zurück, während sich beim 2. Hunde die Wirkung nur auf die bestrahlten Extremitäten beschränkte (*Försterling*, *Krukenberg*). Die bestrahlte hintere Extremität bis zur Glutaealgegend eines 8 Tage alten Hundes blieb nach 4 Wochen im Wachstum zurück. Im Alter von $7^1/_2$ Monaten trat der Größenunterschied immer stärker hervor. Im Röntgenbild war die linke Beckenhälfte schwächer, der linke Hoden ein Viertel kleiner als der rechte (*Försterling*).

Bestrahlung des Kopfes eines jungen Kaninchens führte nach 14 Wochen zum Tode. Der Kopf war kleiner, die Körpergröße geringer (*Försterling*).

Schwangere Tiere brachten teils lebende, teils tote Junge zur Welt; an den lebenden waren Wachstumsstörungen am Ohr und an den Hinterbeinen der gleichen Hälfte zu erkennen (*Försterling*). Nach Bestrahlung des Kopfes schwangerer Tiere traten bei den Jungen nach 14 Tagen Wachstumshemmungen auf; sie waren matt, struppig und litten an Keratitis (*Cohn*). 8 Tage vor der Niederkunft bestrahlte Kaninchen warfen 2 tote und 3 lebende Junge; die letzteren waren am 9. Tage tot (*Schmidt*).

Ein im Alter von 40 Stunden bestrahltes Tier blieb schon nach 10 Tagen merklich im Wachstum zurück, und nach 10 Wochen verhielt sich sein Gewicht wie 3 : 4 (*Försterling*).

Eine 12 Tage alte Ziege wurde an der linken Kopf- und Halsseite bestrahlt. Es zeigte sich Enthaarung ohne Ulcerationsbildung. Nach einem Jahr war die linke Kopfhälfte kleiner, die Wachstumshemmung am Oberkiefer stärker als am Unterkiefer. Letzterer ragte seitlich hervor, so daß die linken unteren Zähne und ein Teil der Zunge bloßlagen. Das linke Auge war ein Viertel so groß wie das rechte und hatte keinen Lidschlag. Das rechte Ohr stand fast in der Mitte des Kopfes. Das Horn der bestrahlten Seite bildete einen kleinen Höcker, während das andere eine Länge von 10 cm erreichte (*Försterling*).

Über Zahnschädigungen nach Röntgenstrahlen berichtet *Gotthardt:*

Es handelt sich um eine Patientin, die seit dem 12. Lebensjahre infolge Unterleibstyphus an Drüsenschwellung beider Halsseiten litt. Die Drüsen waren bohnengroß, wurden größer, bildeten sich aber wieder zurück. Bald darauf erkrankte die Patientin an Grippe und einem rechtsseitigen Lungenspitzenkatarrh mit starker Anschwellung der beiderseitigen Halsdrüsen. Bei Beginn der Behandlung waren die Drüsen hühnereigroß. *Diagnose:* Tuberkulose beiderseitiger Halsdrüsen.

Nach der Bestrahlung ging die Schwellung zurück; dann trat wieder Vergrößerung ein sowie harte Infiltration der Unterkiefergegenden und Schluckbeschwerden. Es war der Beginn des chronisch indurierten Hautödems, das fälschlicherweise nicht erkannt wurde. Die Bestrahlung wurde fortgesetzt. Die Verhärtung der Unterkiefergegend nahm zu. Ferner stellten sich neuralgische Schmerzen auf beiden Seiten der Kiefergelenke, Schmerzhaftigkeit

der Zähne, Heiserkeit, Trockenheit im Munde und Ulceration der Mundschleimhaut ein. Dazu gesellten sich Atrophie des Halses, Bewegungsbehinderung des Kopfes und die Schwierigkeit, den Mund zu öffnen. Die Zähne wurden schlecht, die Bewegung der Halswirbelsäule war unmöglich. Außerdem zeigten sich andere Befunde am Kehlkopf und an der Schultergegend. Die Zähne waren vollkommen zerstört, teilweise standen nur noch Zahnreste, der Schmelz fehlte und das Zahnbein lag bloß. Die Zähne wurden operativ entfernt. Die Pulpa war aber erhalten und reagierte auf alle Reize.

Eine Entscheidung der Frage, ob eine primäre oder sekundäre Zahnschädigung vorlag, konnte nicht getroffen werden. Merkwürdigerweise reagierte gerade der Schmelz, also die am wenigsten proliferationsfähige Substanz des Zahnes, stärker als das proliferationsfähigere Gewebe der Pulpa. Auch die Möglichkeit einer Schädigung der Odontoblasten und eine Zerstörung der Kittsubstanz der Schmelzprismen war ins Auge zu fassen. Der in der Alveole steckende Teil des Zahnes war intakt.

Für die Annahme einer sekundären Schädigung ließe sich anführen, daß der mangelnde Speichelfluß eine abnorm chemische oder bakterielle Zusammensetzung zur Folge gehabt hätte. Wiederholte Untersuchungen ergaben einen schwach sauren, meist alkalischen Speichel, in dem Rhodan fehlte. Für eine direkte Schädigung spricht die Ausdehnung.

Was die Indikation in der Röntgentherapie der Zahnheilkunde anbelangt, so nennt *Pordes* die akute Wurzelhautentzündung.

1—2 Tage nach der Bestrahlung können mit einer Wahrscheinlichkeit von 70—80% Zähne ohne Schwierigkeit gefüllt werden. Wenn auch die Rezidivgefahr nicht beseitigt ist, so bietet die Röntgenbestrahlung den Vorteil, daß die akute Entzündung in eine ruhende umgewandelt wird. Das Ruhestadium kann jahrelang dauern. Sodann sind es die periapikalen Resorptionsherde, Wurzelspitzenabsceß oder Wurzelgranulome, die großen Nutzen aus der Röntgenbestrahlung ziehen.

Nach einer in etwa der Hälfte der Fälle ungefähr 3 Stunden postea eintretenden, reaktiven Steigerung kommt es bei frühzeitiger Bestrahlung zum Aufhören der Schmerzen, ein Zustand, der unmittelbar in vollkommene Heilung übergehen kann. Die klinische Heilung erfolgt schon in ungefähr 12 Stunden. Bei vorgeschrittener Entzündung tritt beschleunigte Absceßbildung ein. Die Entgiftung, die der Prozeß durch die Röntgenbestrahlung erfährt, drückt sich in der geringen Giftigkeit des Abscesses, der nur geringe Symptome macht, aus. Auch fehlt die Fluktuation ganz oder ist nur schwach angedeutet. Wenn nach anfänglicher Besserung Schmerzen, Fieber und Ödem wieder ansteigen, muß der Absceß durch Stichincision entleert werden. Die Pulpitis ist durch Röntgenstrahlen nicht beeinflußbar.

Die Periodontitis chronica plastica (*Pordes*), eine wenig bekannte Form der chronischen Entzündung, zeigt sich klinisch durch Schmerzhaftigkeit beim Aufbiß, röntgenologisch durch eine leichte Verbreiterung des Periodontalspaltes und Verdickung der Alveolarinnencompacta an. Die Schmerzen schwinden in der Regel nach 2 Bestrahlungen.

Die Paradentose, ein mit Schwund der Alveolarsepten einherschreitender Entzündungsprozeß, wird gleichsam durch Schwachbestrahlung bekämpft.

Sehr geeignet für die Röntgenbestrahlung erweisen sich auch die postoperativen Komplikationen, z. B. Nachschmerzen nach Zahnextraktionen, nach Eingriffen im Bereich der Kiefer und Zähne überhaupt.

Pordes bezeichnet hier die Röntgenbestrahlung in Anbetracht der Bedrohlichkeit solcher Entzündungen als geradezu lebensrettend. Schon eine einzige Schwachbestrahlung kann innerhalb 12—24 Stunden das Krankheitsbild völlig umgestalten und den Patienten der Genesung entgegenführen.

Dies gilt im besonderen Maße von der phlegmonösen Entzündung in der Gegend des Kieferwinkels, die ihren Ausgang von atypisch stehenden unteren Weisheitszähnen nimmt. Auch nach Extraktionen solcher Zähne treten derartige Phlegmonen nicht selten auf. Stets besteht die Möglichkeit, daß sie auf den Mundboden übergreifen und dann ebenso lebensgefährlich werden wie die echte Angina Ludovici. Schon eine einzige, milde Bestrahlung genügt, um den Ablauf des Prozesses in wenigen Stunden günstig zu beeinflussen. Die Alveolarpyorrhoea gehört zu den älteren Indikationen der Strahlentherapie auf dem Gebiete der Zahnheilkunde.

Seit mehr als 20 Jahren hat *Wetterer* Versuche unternommen, die jedoch keine ganz eindeutigen Resultate ergaben. Wohl schwinden meist die Entzündungserscheinungen und Schmerzen, indessen sind Rezidive häufig. Günstig dürfte neben der Röntgenbestrahlung nach den Beobachtungen von *Wetterer* die Ganzbestrahlung des Körpers mit Kohlenbogenlicht durch Steigerung der natürlichen Abwehrkräfte des Organismus wirken.

Pordes deutet auf das Festerwerden vorher lockerer Zähne nach Röntgenbestrahlung einer Alveolarpyorrhoea hin.

Herbst berichtet über zwerghafte Prämolaren bei einem 9jährigen Mädchen und stellte fest, daß dieses im Alter von 4 Jahren mit Röntgenstrahlen falsch behandelt war. Es kam zur Verbrennung der Oberlippe, so daß eine Lippenplastik ausgeführt werden mußte. Da nun im Alter von 4 Jahren die Keime der Prämolaren anfangen zu ossifizieren, das weiche Organ dieser Zähne hart wird, haben die Röntgenstrahlen eine wachstumshindernde Wirkung ausgeübt. Es ist nun klar, daß die Röntgenstrahlen die Ursache der Keimstörung derjenigen Zähne wurde, welche in dieser Zeit im Beginn der Ossificationsperiode standen, nämlich der 4 ersten Prämolaren.

Sehr eingehend hat sich *M. Leist* mit der Einwirkung der Röntgenstrahlen auf Kiefer und Zähne beschäftigt.

Bei intra graviditatem bestrahlten Müttern ergab der odontologische Befund bei 6 Kindern, daß in 3 Fällen eine erhebliche Verzögerung des Milchzahndurchbruches hervorgerufen wurde. Im 4. Falle war sie möglicherweise auch vorhanden, jedoch ließ sich dies nicht mit Sicherheit feststellen. Im 5. Falle liegt der Durchbruchstermin an der oberen Grenze der Norm. Im 6. Falle ist der Durchbruch normal. Ätiologisch kommt neben der Rachitis, die vielleicht im 2., 3., 4. und 5. Falle mit eine Rolle spielt, eine allgemeine und direkte Röntgenschädigung in Frage. Die Verzögerung des Milchzahndurchbruches kann eine Teilerscheinung der durch die Röntgenstrahlen hervorgerufenen Entwicklungshemmung des Gesamtorganismus sein. Dafür spricht, daß der Entwicklungszustand des 1. und 2. Falles (12 und 16 Monate) entsprechend dem Fehlen der Zähne ungefähr den eines 6 Monate alten Säuglings darstellt. Der 3. Fall im Alter von etwa $2^1/_2$ Jahren entspricht einem Säugling von 10—12 Monaten. Für eine direkte Röntgenschädigung der Kiefer spricht der Umstand,

daß der übrige Körper weniger stark betroffen ist als der Schädel, vor allem aber das Resultat der tierexperimentellen Untersuchung, nach welchem die Röntgenstrahlen beim Hunde eine Verzögerung der Dentition bewirken. Ob der eine oder andere Faktor maßgebend ist, muß noch erwiesen werden. Wahrscheinlich ist, daß beide zusammenwirken. Bezüglich der Zähne konnten bisher keine pathologischen Befunde erhoben werden. Das Kieferwachstum ist im 1. und 2. Falle zurückgeblieben, wahrscheinlich auch im 3. Falle.

Um die Einwirkung der Röntgenstrahlen und des Radiums auf Zähne und Kiefer festzustellen, bestrahlte *Leist* zunächst Ratten, und zwar wurden unter Abdeckung des Rumpfes gegen die Schnauze Dosen von 15 HED. ungefiltert verabreicht. Der Effekt war, daß die Odontoblasten der Keimschicht des immer wachsenden Nagezahnes schwer geschädigt wurden. Sie stellten auf die Bestrahlung hin jedesmal die Dentinbildung fast ein, und so kam es, daß man im mikroskopischen Bilde nischenförmige Einbuchtungen sieht, in Abb. 1 entsprechend 5 Bestrahlungen 5 Nischen, die sich von der Pulpa ins Dentin erstrecken. In diesen Dentinnischen liegen degenerierte Odontoblasten, zum großen Teil sind sie überhaupt verschwunden. Das Längen- und Dickenwachstum des Zahnes nahm ab. Eine Dentinnische konnte auch bei einer Ratte beobachtet werden, die innerhalb 8 Wochen 9mal mit 1,5 HED. ungefiltert bestrahlt worden war. Am Schmelz und an den Schmelzzellen sowie am Zement und an den Zementzellen konnten keinerlei Veränderungen wahrgenommen werden. Die Schädigung der Odontoblasten war wohl eine schwere, war aber nie so stark, daß das Wachstum sistiert hätte.

Bei seinen experimentellen Untersuchungen über die Einwirkung der Röntgenstrahlen und des Radiums auf die 2. Dentition beobachtete *Leist* 6 Hunde, die von 3 verschiedenen Würfen stammten und bereits das Milchgebiß besaßen. Sie standen 41, 60 bzw. 72 Tage vor Beginn der 2. Dentition. 2 Hunde wurden mit Röntgenstrahlen, einer mit Radium bestrahlt. Je ein Hund der 3 Würfe diente als Kontrollhund. Um ein klares Bild zu gewinnen, wurden hohe Dosen verwendet. Die Strahlen waren gegen die rechte Kopfhälfte gerichtet, der Schädel mit Blei abgedeckt.

Hund 1 erhielt am 7. IV., 23. IV. und 22. V. insgesamt 30 HED. ungefiltert, 120 kV, Stromstärke 3 mA, Fokus-Haut-Abstand 28 cm, am 20. VI. 15 HED. mit 2 mm-Aluminiumfilter unter gleichen Bedingungen. Hund 2 unter gleichen Bedingungen am 23. IV. und 22. V. 25 HED. ungefiltert, am 25. VII. 15 HED. mit 2 mm-Aluminiumfilter.

Die Verlangsamung der Dentition äußerte sich darin, daß ihr Beginn beim bestrahlten Hunde später erfolgte. Den Beweis erblickt *Leist* darin, daß der Durchbruch der Zähne der röhrennahen Kieferpartie langsamer erfolgt als der röhrenfernen. Auffällig ist ferner die Verlangsamung der Dentition hinsichtlich der Dauer ihres Ablaufes. Die Zeiträume zwischen dem Durchbruch der einzelnen Zähne sind vielfach verlängert, die Milchzähne persistieren zum Teil enorm lange, obwohl die bleibenden Zähne schon durchgebrochen sind. Außerdem war eine Unregelmäßigkeit in der Reihenfolge des Durchbruches zu beobachten. Einzelne Zähne zeigten eine bläuliche Verfärbung, was auf Veränderungen in der Pulpa beruhen kann. Die Vermutung wird bestätigt durch die Tatsache, daß die Zähne und vor allem die Wurzeln der Zähne der röhrennahen Kieferhälfte kleiner sind

als die der röhrenfernen. Auch die Zähne und die Wurzeln der Zähne der röhrenfernen Seite sind kleiner als die des Kontrollhundes. Hervorzuheben ist die Tatsache, daß einzelne bleibende Zähne der röhrennahen Kieferhälfte locker sind. Auch das Wachstum des röhrennahen Kiefers ist zurückgeblieben gegenüber dem des röhrenfernen. Als Folge der Dentitionsstörung sind geringe Stellungsanomalien anzusprechen.

Die bestrahlten Hunde hatten ein geringeres Gewicht als die Kontrollhunde und entwickelten sich bedeutend schlechter, was *Leist* auf eine physiologische Variabilität zurückführt.

Die Zusammenfassung der Ausführungen von *Leist* ergibt folgendes Ergebnis:

1. Der Angriffspunkt der Einwirkung der Röntgenstrahlen und des Radiums auf den Zahn sind die Odontoblasten.

2. Durch Schädigung der Odontoblasten kommt es zu Störungen der Dentinbildung. An den Ameloblasten und am Schmelz wurden keine Veränderungen beobachtet.

3. Besonders empfindlich sind die Odontoblasten der Keimzone der Zähne.

4. Beim wachsenden Zahn des Hundes kam es zum Stillstand des Wachstums und Ausfall des Zahnes.

5. Bei diesem Zahnausfall spielte eine Schädigung des Periodontiums, des Alveolarknochens und des Knochenmarks mit eine Rolle.

6. Auf 2—5 HED. konnte bei den fertigen Mahlzähnen der Ratte retikuläre Pulpenatrophie beobachtet werden.

7. Zur klinischen Feststellung von Strahlenschädigungen der Pulpa ist die elektrische Vitalitätsprüfung meist nicht geeignet bzw. ist nur ein negatives Resultat derselben verwertbar. Ein positives Resultat schließt eine Pulpenschädigung nicht aus, denn es können Odontoblasten und Pulpenzellen schon weitgehend durch die Bestrahlung geschädigt sein, während die Pulpennerven noch erhalten sind und auf den elektrischen Strom normal reagieren.

8. Bei den in der Literatur beschriebenen Fällen von Röntgen- und Radiumschädigungen des Alveolarknochens handelt es sich um Spätschädigungen, erzeugt durch übermäßige Dosierung bzw. Überkreuzung der von verschiedenen Seiten gegen die Mundhöhle gerichteten Strahlen und Kumulierung derselben im Knochen sowie um gewerbliche Schädigungen.

Auf Veranlassung von Herrn Professor *Adrion* wurden die Ergebnisse von *Leists* experimentellen Untersuchungen an Hunden einer Nachprüfung unterzogen und zu diesem Zwecke 3 Schäferhunde — 1 Hund, 2 Hündinnen — vom gleichen Wurf benutzt.

Die Hunde wurden am 24. XI. 1929 geboren, besaßen am 9. I. 1930 bereits das komplette Milchgebiß $\frac{3\ 1\ 3 \quad 3\ 1\ 3}{3\ 1\ 3 \quad 3\ 1\ 3}$ und wogen:

Hund 1. . . . . 1720 g
„ 2. . . . . 2200 g
„ 3. . . . . 2220 g

Dieses Gewicht kann als normal angesehen werden auf Grund vorangegangener Wägungen, die eine gleichmäßig ansteigende Kurve darstellen.

Um ein möglichst klares Bild von der Allgemeinwirkung der Röntgenstrahlen zu gewinnen, wurden Hund 1 und 3, also der schwächste und der kräftigste, zu Versuchszwecken ausgewählt, während Hund 2, dessen Gewicht zwischen dem der anderen lag, als Kontrolltier diente.

Die am 16. I. 1930 gemachten Röntgenaufnahmen zeigen ein abgeschlossenes Wurzelwachstum der Milchzähne mit Ausnahme des 3. Prämolaren, der klinisch erst zur Hälfte durchgebrochen ist. Pulpenkammer und Wurzelkanäle sind außerordentlich weit, so daß sie, nach dem Röntgenbilde zu urteilen, nur von einer schmalen Zone von Hartsubstanz (Schmelz Dentin, Zement) umgeben erscheinen. Das Foramen apicale ist weit und offen. Resorptionserscheinungen an den Milchzahnwurzeln sind nirgends wahrzunehmen. Die unter den Milchzähnen liegenden, bleibenden Zahnkeime weisen bereits im Kronenteil eine schmale Verkalkungszone auf. Sowohl im Ober- wie im Unterkiefer haben die ersten bleibenden Molaren den Alveolarfortsatz soweit resorbiert, daß die Zahnkronen nur von einer dünnen Knochenlamelle bedeckt sind. Die Zahnkeime der zweiten bleibenden Molaren sind durch eine Aufhellung im Röntgenbilde erkennbar. Eine Verwachsung der beiden Unterkieferhälften im Kinnteil hat bisher nicht stattgefunden, so daß linker wie rechter Unterkiefer noch deutlich voneinander getrennt sind.

Kontrollhund:

Abb. 1. Oberkiefer.

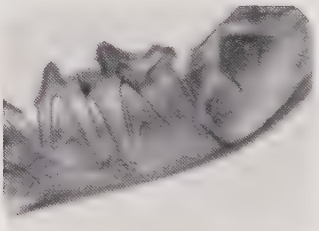


Abb. 2. Unterkiefer rechts.

Hund 3:

Abb. 3. Oberkiefer.

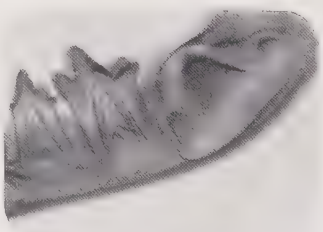


Abb. 4. Unterkiefer rechts (bestr. Seite).

Am 18. I. 1930, also 2 Tage später, begann die Bestrahlung der Hunde 1 und 3, und zwar wurden die Strahlen auf den rechten und linken Unterkiefer appliziert unter gleichzeitiger Abdeckung des Auges und des übrigen Körpers mit Bleigummi. Die dabei verwandte Strahlenmenge betrug:

1060 r = 1000 R
Feld 4×4 cm
Fokus-Haut-Abstand 25 cm
Filter 1 mm Al.
120 kV
3 mA

und dauerte $12^1/_2$ Minuten.

Mit Ausnahme eines deutlichen Gewichtsunterschiedes gegenüber dem sich kräftiger entwickelnden Kontrollhund waren bis zum 1. II. 1930 keinerlei Veränderungen an den bestrahlten Hunden festzustellen.

Am gleichen Tage wurden die Bestrahlungen wiederholt, und zwar erhielten die Hunde dieses Mal

1500 R
Fokus-Haut-Abstand 23 cm
Filter 0,5 Cu + 1 Al.
180 kV
4 mA

bei einer Dauer von 23 Minuten unter denselben Kautelen.

Die nun auftretenden Veränderungen wurden täglich protokolliert, und ich werde, um den Gang der Versuche zu schildern, an Hand des geführten Protokolles die wesentlichen Punkte herausgreifen.

Etwa 8 Tage nach der letzten Bestrahlung zeigte sich bei Hund 1 eine Conjunctivitis des rechten Auges und eine Trübung der Cornea. Die Pupillenreaktion auf Licht blieb aber in vollem Umfange erhalten. Im Verlauf der folgenden Tage wurde das Fell der bestrahlten Versuchstiere auffallend struppig und unterschied sich deutlich von dem seidigen Haarkleid des Kontrollhundes. Die Conjunctivitis des Hundes 1 nahm weiter stark zu, das Auge tränte, die Augenlider waren stark geschwollen, die Cornea weißlich getrübt und eine Grenze zwischen Iris und Pupille nicht mehr deutlich wahrnehmbar. Am inneren Augenwinkel, an der Schnauze und am Kinn der rechten Seite trat Epilierung ein und bot ein Krankheitsbild, das sich sehr gut mit dem der Alopecia specifica vergleichen läßt. Eine Depigmentierung der äußeren Haut und der Schleimhaut der Gingiva und der Wange war deutlich zu erkennen. Letztere war rosa gefärbt bis etwa zur Raphe palatina und grenzte sich in der Folgezeit scharf gegenüber der normalen, schwarzen Farbe der nichtbestrahlten Seite ab. Im allgemeinen waren die bestrahlten Hunde munter und standen an Lebhaftigkeit dem Kontrolltier gegenüber nicht zurück. Wurde die Aufmerksamkeit der Versuchshunde gefesselt, so war ein deutliches Zittern am ganzen Körper zu beobachten.

Am 14. II. 1930 meldet das Protokoll:

Gewicht: Hund 1 . 2360 g
„ „ 2 . 2900 g
„ „ 3 . 2580 g

Das bedeutet für den Kontrollhund seit dem 9. I. 1930 eine Gewichtszunahme von 730 g, während Hund 1 450 g, Hund 3 sogar nur 400 g zugenommen hatten.

Am 15. II. 1930 erfolgte unter gleichen Bedingungen wie oben die 3. Bestrahlung. Dieses Mal erhielten die Hunde

1230 R
Fokus-Haut-Abstand 23 cm
Filter 0,5 Cu + 1 Al.
170 kV
4 mA

bei einer Dauer von $17^1/_2$ Minuten.

In den nächsten Tagen dauerte die Epilierung auf der rechten Gesichtshälfte an und begann auch schon auf die nichtbestrahlte Seite überzugreifen. Die Mundhöhle war trocken und die Zunge der bestrahlten Tiere gegenüber der des Kontrollhundes weniger kräftig entwickelt.

Hund 1 bekam auf der Cornea des rechten Auges ein etwa hanfkorngroßes Ulcus unter gleichzeitiger Eiterung. Ebenso wies die Cornea des linken Auges eine leichte Trübung auf. Im Verlauf der weiteren Tage hatte die Eiterung aus dem rechten Auge nachgelassen, dafür ergoß sich aber ein starker, dicker, eitriger Ausfluß aus der Nase. Eine Abnahme der Pupillenreaktion auf Licht war nicht festzustellen.

Inzwischen war auch bei Hund 3 eine Conjunctivitis des rechten Auges unter gleichzeitiger Trübung der Cornea eingetreten.

Am 10. III. 1930 ergibt sich aus dem Protokoll folgender Befund:

Hund 1: Die Epilierung hat die ganze Umgebung der Schnauze einschließlich Nase und Augen bis etwa 1 cm über dem oberen Augenrand ergriffen und dehnt sich bis zum Kieferwinkel aus. Die Nasenlöcher sind mit trockenen, gelbbraunen Krusten verklebt. Das rechte Auge gibt auf Licht keine Reaktion mehr, und die Cornea des linken Auges ist undurchsichtig. Am Zahnsystem sind keine Veränderungen nachweisbar.

Anders dagegen verhält sich das Gebiß des Hundes 3. Sämtliche unteren Schneidezähne sowie die beiden Hakenzähne des Unterkiefers sind an der labialen Fläche vom Schmelz entblößt und die Pulpahöhlen von der labialen Fläche her eröffnet. Die Schmerzempfindlichkeit beim Einstechen mit der Sonde ist herabgesetzt. Die Hakenzähne des Unterkiefers haben ihre charakteristische Form verloren, Meißelform angenommen und überragen die unteren Frontzähne nur wenig, sind also stark abgekaut. Die Zähne des übrigen Gebisses sind ohne Befund.

Im Verlaufe der nächsten 14 Tage erblindete Hund 1 auf beiden Augen. Die Cornea des rechten Auges begann geschwürig zu zerfallen, und die Eiterung nahm wieder zu, während gleichzeitig die Cornea des linken Auges ein hanfkorngroßes Ulcus aufwies. Die labiale Fläche der unteren, vorderen Schneidezähne zeigte starke Abkauung unter gleichzeitiger Eröffnung der Pulpahöhle. Die Hakenzähne hatten ihre charakteristische Form verloren und waren stark verkürzt. Im Oberkiefer standen die Front- und Hakenzähne im Gegensatz zu

denen des Kontrollhundes dicht nebeneinander, hatten aber hre normale Gestalt behalten.

Inzwischen hatten sich beim Kontrollhund die unteren, tark abgekauten Milchschneidezähne erheblich gelockert, während die unteren Hakenzähne in jeder Beziehung normal waren. Der 4. Prämolar auf beiden Seiten konnte durch Palpation unter der Schleimhaut nachgewiesen werden. Im Oberkiefer standen die Schneidezähne normal mit breiten Zwischenräumen und wiesen bereits auch eine leichte Lockerung auf. Der 4. Prämolar hatte auf beiden Seiten die Schleimhaut durchbrochen.

Im Vergleich zu den bestrahlten Hunden ließ sich sagen, daß die Zähne des Kontrollhundes bedeutend kräftiger entwickelt waren als die der Versuchstiere.

Zur selben Zeit hatte die Epilierung bei Hund 3 erhebliche Fortschritte gemacht und die gesamte rechte Gesichtshälfte ergriffen, so daß die Haut vollständig des Haarkleides entbehrte. Die Pulpen der vorderen, unteren Schneidezähne waren gangränös zerfallen und eine Schmerzempfindung durch Einstechen mit der Sonde nicht mehr auszulösen. Der Zahnfleischsaum hatte sich an den unteren Frontzähnen entzündet und zeigte das Bild einer starken Gingivitis. Dabei standen aber die unteren Frontzähne fest im Kiefer, und im Oberkiefer kam auf der linken, also der nichtbestrahlten Seite, der 4. Prämolar zum Durchbruch. Die Front- und Hakenzähne im Oberkiefer waren normal und wiesen keine Lockerung auf.

Am 31. III. 1930 erschien bei Hund 1 sowohl im Ober- wie im Unterkiefer auf beiden Seiten der mittlere Höcker des 1. bleibenden Molaren und im Oberkiefer links der 4. Prämolar.

Dagegen hatte bei Hund 3 der 1. bleibende Molar nur im Unterkiefer rechts die Schleimhaut durchbrochen.

Zur gleichen Zeit zeigte sich beim Kontrollhund zwischen dem 1. und 2. Milchschneidezahn rechts oben der 1. bleibende Incisivus. Im Unterkiefer waren die ersten Milchschneidezähne ausgefallen und an deren Stelle rechts der 1. bleibende Schneidezahn gerückt.

Die angefertigten Röntgenbilder ergaben, daß bei den bestrahlten Hunden ein deutliches Ausbleiben der Resorptionserscheinungen an den Milchzahnwurzeln zu verzeichnen ist, während beim Kontrolltier im Bereich der Prämolaren und Molaren die Milchzahnwurzeln erheblich resorbiert sind. Im Frontzahngebiet sind nur noch die Kronen der Milchschneide- und Hakenzähne zu erkennen.

Die unter den Milchzähnen gelegenen Zahnkeime der bestrahlten Hunde sind nur mangelhaft entwickelt. Selbst das Kronenwachstum ist nicht abgeschlossen. Die Kronen sind klein, haben ihre typische Gestalt verloren, Zapfenform angenommen und weisen nur in den der Kauebene zugekehrten Teilen eine deutliche Verkalkungszone auf. Wurzelwärts sind sie weit und offen, ohne daß von einem Beginn des Wurzelwachstums die Rede sein kann.

Ähnlich verhalten sich die Lückzähne sowohl im Ober- wie im Unterkiefer und die Zahnkeime der 2. bleibenden Molaren, nur mit dem Unterschied, daß hier das Wachstum der Kronen abgeschlossen ist, damit aber auch scheinbar

das Wachstum des ganzen Zahnes. Die Krone ist allseitig verkalkt, jegliche Andeutung einer Wurzel fehlt. Erheblich kräftiger sind die Zahnkeime der 1. bleibenden Molaren ausgeprägt. Die Kronen zeigen ihre charakteristische Gestalt und den Beginn des Wurzelwachstums. Dazu kommt noch bei den bestrahlten Hunden ein Größenunterschied der Zahnkeime zwischen bestrahlter und nichtbestrahlter Seite.

Ein anderes Bild ergeben die Aufnahmen beim Kontrollhund. Hier liegen überall im Ober- wie im Unterkiefer die kräftig ausgebildeten, bleibenden Zähne mit ihren charakteristischen Kronen und deutlich vorhandenen Wurzeln, deren Wachstum im Frontzahngebiet beinahe beendet ist. Das gleiche gilt auch für die Kieferknochen und kommt besonders deutlich im Unterkiefer zum Ausdruck. Während beim Kontrolltier Unterkiefer und Alveolarfortsätze sich kräftig entwickelt haben, stellen sie bei den Versuchshunden nur eine schmale Knochenspange dar. Außerdem läßt das Röntgenbild des Kontrollhundes die knöcherne Vereinigung der Unterkieferhälften im Kinnteil erkennen, die bei den Versuchstieren bisher noch ausgeblieben ist.

Kontrollhund:

Abb. 5. Oberkiefer.

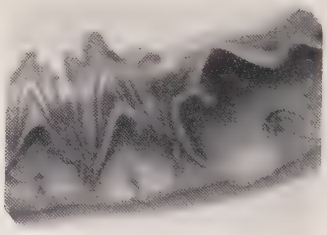


Abb. 6. Unterkiefer rechts.

Hund 3.

Abb. 7. Oberkiefer.

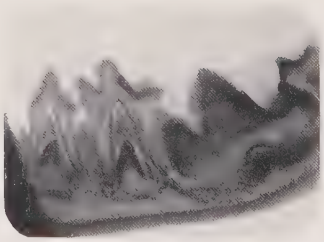


Abb. 8. Unterkiefer rechts (bestr. Seite).

Innerhalb der nächsten 10 Tage stellte sich bei Hund 1 im Oberkiefer der rechten Seite der noch fehlende Lückzahn ein und bei Hund 3 die noch restierenden 1. Molaren. Im Unterkiefer des Kontrollhundes kamen die Lückzähne auf beiden Seiten zum Vorschein und auf der rechten Seite der 2., auf der linken der 1. und 2. Schneidezahn sowie im Oberkiefer links der 1. bleibende Incisivus.

Die bis hierher beschriebenen Veränderungen am Zahnsystem lassen sich am besten graphisch durch eine Zahnformel wiedergeben, die am 11. IV. 1930 nachstehendes Bild ergibt. In den folgenden Tabellen sind die Milchzähne mit römischen Ziffern bzw. lateinischen Buchstaben, die bleibenden Zähne mit arabischen Zahlen und deutschen Buchstaben eingetragen. Letztere hatten sämtlich die Schleimhaut durchbrochen, jedoch noch nicht ihre normale Länge erreicht und sind deswegen in der Tabelle mit Klammern versehen worden. Im übrigen sind die Aufzeichnungen so angeordnet, wie sie den tatsächlichen Verhältnissen im Munde entsprechen, so daß aus den Tabellen buccal, labial, lingual, palatinal, mesial und distal ohne weiteres zu ersehen ist.

Hund 1:

1 I II III 4 H III II I	I II III H 4 III II I 1
1 I II III H III II I	I II III H III II I 1

Kontrollhund

I II III 4 H III II 1	1 II III H 4 III II I
I II III 4 H III 2 1	1 2 III H 4 III II I

Hund 3:

1 I II III H III II I	I II III H 4 III II I 1
1 I II III H III II I	I II III H III II I 1

Aus obiger Zahnformel läßt sich also der Schluß ziehen, daß bei den bestrahlten Hunden nur diejenigen Zähne zum Durchbruch gekommen sind, an deren Stelle vorher keine Milchzähne standen. Dies gilt in erster Linie sowohl von den 1. bleibenden Molaren als auch von den Lückzähnen, obwohl letztere unregelmäßig und nur teilweise vorhanden sind.

Der Kontrollhund dagegen zeigt eine viel regelmäßigere 2. Dentition, hat bereits 6 Zähne gewechselt und außerdem 4 weitere, bleibende, nämlich die Lückzähne, erhalten. Dagegen fehlen noch die sämtlichen 1. bleibenden Molaren.

In der Zwischenzeit trat die Entwicklungshemmung der Versuchstiere immer deutlicher hervor. Die bestrahlten Hunde machten einen unterernährten Eindruck, was auch aus den laufend geführten Gewichtstabellen zum Ausdruck kommt. Während die Kurve des Kontrollhundes sprunghaft in die Höhe ging, hatten Hund 1 und 3 nur geringe Gewichtszunahme zu verzeichnen. Um einzelne Daten aus dem Protokoll zu nennen, betrug das Gewicht:

Am 24. II. 1930:	Bei Hund 1	3020 g
	„ „ 2	4005 g
	„ „ 3	2915 g

Am 6. III. 1930:	Bei Hund 1	3515 g
	„ „ 2	5095 g
	„ „ 3	3925 g
Am 19. III. 1930:	Bei Hund 1	3860 g
	„ „ 2	6510 g
	„ „ 3	4710 g
Am 3. IV. 1930:	Bei Hund 1	4345 g
	„ „ 2	8220 g
	„ „ 3	5155 g

Um angesichts des bedeutenden Gewichtsunterschiedes andere Erkrankungen der inneren Organe mit Sicherheit ausschließen zu können, ordnete Herr Professor *Adrion* die klinische Untersuchung der inneren Organe, des hämatopoetischen Apparates und des endokrinen Drüsensystems an.

Zwecks Untersuchung des Harns und Feststellung seiner Menge wurden die Tiere für die Dauer von 3 Tagen in Stoffwechselkäfige gesetzt. Die am Stichtag verabreichte Nahrung betrug bei

Hund 1:

Feste Substanz (Reis + Fleisch)	210 g
Dazu Wasser	700 g
Mithin Nahrung	910 g

Hund 2:

Feste Substanz (Reis + Fleisch)	300 g
Dazu Wasser	1000 g
Mithin Nahrung	1300 g

Hund 3:

Feste Substanz (Reis + Fleisch)	260 g
Dazu Wasser	1000 g
Mithin Nahrung	1260 g

Die Menge des ausgeschiedenen Harns stellte sich innerhalb 24 Stunden bei

Hund 1 auf 320 ccm
„ 2 „ 300 ccm
„ 3 „ 330 ccm

Demgemäß war also die ausgeschiedene Flüssigkeitsmenge normal. Der zur Untersuchung benötigte, kotfreie Harn wurde nach Verabreichung einer größeren Menge Milch, die mit Schokolade untermischt war, gewonnen.

Der Befund ergab bei

Hund 1:

Farbe: Leicht citronengelb	Leicht trübe
Spez. Gewicht: 1014	
Reaktion	p_H 6,7
Eiweiß: Negativ	Zucker: Negativ
Gallenf.: Sehr schwach positiv	Blutfarbst.: —

Sedimentbefund:

Nierenzellen: +++
Blasenzellen: ++
Leukocyten: +
Rote Blutkörperchen: —
Hyaline Zellen und Zylinder: ++
Bakterien: Stäbchen

Hund 2:

Farbe: Wassergelb	Leicht trübe
Spez. Gewicht: 1004	
Reaktion	p_H 5,7
Eiweiß: Negativ	Zucker: Negativ
Gallenf.: Negativ	

Sedimentbefund:

Nierenzellen: ++
Blasenzellen: ++
Leukocyten: +
Rote Blutkörperchen: —
Hyaline Zellen und Zylinder: +
Bakterien: Gärungspilze

Hund 3:

Farbe: Hellwassergelb	Leicht trübe
Spez. Gewicht: 1008	
Reaktion	p_H 5,9
Eiweiß: Schwach positiv	Zucker: Negativ
Gallenf.: Negativ	Blutfarbst.: Negativ

Sedimentbefund:

Nierenzellen: Ziemlich viel
Blasenzellen: Ziemlich viel
Leukocyten: Vereinzelt
Rote Blutkörperchen: —
Hyaline Zellen und Zylinder: Einige
Bakterien: Gärungspilze

Demnach weisen die Nieren bei sämtlichen Hunden keine wesentlichen pathologischen Veränderungen auf. Die Menge der vorhandenen Nieren- und Blasenzellen findet in der Diurese und der beigefügten Schokolade ihre Erklärung. Das Wesentliche an dem Befund aber ist: das Freisein des Harns von Eiweiß und Zucker. Wenn auch bei Hund 3 eine leichte Nierenreizung nicht von der Hand zu weisen ist, so sind die Veränderungen doch keineswegs schwerwiegend genug, um zur Erklärung seines desolaten Allgemeinzustandes herangezogen werden zu können.

Die aus den Ohren entnommenen Blutproben zeigten im Blutbild keine Abweichung von der Norm. Insbesondere war die osmotische Resistenz der roten Blutkörperchen gegenüber Kochsalz unverändert. Zwecks Bestimmung des Calciumgehalts wurden die Reagensgläser mit dem Blute eingestampft und verascht. Danach ergaben sich folgende Resultate:

Hund 1:	1. Blutprobe	0,10‰
	2. „	0,11‰
	3. „	0,11‰
Hund 2:	1. Blutprobe	0,12‰
	2. „	0,11‰
	3. „	0,13‰
Hund 3:	1. Blutprobe	0,10‰
	2. „	0,10‰
	3. „	0,09‰

Diese Zahlen entsprechen vollkommen den normalen Werten, so daß auch hier keine Anhaltspunkte zur Klärung des klinischen Bildes gefunden werden konnten.

Um auch hinsichtlich der Gewichtsdifferenzen Parasiten ausschließen zu können, wurde der Kot auf Ascariden untersucht. Auch hier blieb der Erfolg negativ.

Am 17. IV. 1930 meldet das Protokoll:

Gewicht bei Hund 1	4455 g
„ „ „ 2	10065 g
„ „ „ 3	5320 g

Seit dem 9. I. 1930 hatte also demgemäß

Hund 1 eine Gewichtszunahme von	159,0%
„ 2 „ „ „	357,5%
„ 3 „ „ „	139,5%

zu verzeichnen.

Die von den Hunden angefertigten Aufnahmen lassen deutlich die Größenunterschiede erkennen.

Am 17. IV. 1930 hatten beim Kontrollhund die ersten bleibenden Molaren im Ober- wie im Unterkiefer die Schleimhaut durchbrochen und im Oberkiefer auf beiden Seiten der 2. bleibende Incisivus seinen Platz eingenommen, während bei den Hunden 1 und 3 bis zum genannten Tage keine weiteren Veränderungen nachgewiesen werden konnten.

Bis zum 25. IV. 1930 waren beim Kontrolltier im Ober- wie im Unterkiefer die Eckzähne gewechselt. Auf der bestrahlten Seite erschien bei Hund 1 im Unterkiefer der 2. bleibende Molar, auf der nichtbestrahlten der 2. bleibende Prämolar und der Lückzahn. Im Oberkiefer der genannten Seite befand sich der 2. Milchprämolar im Ausfall. Auch bei Hund 3 zeigte sich im Unterkiefer auf beiden Seiten der 2. bleibende Molar, im Oberkiefer der bestrahlten Seite der Lückzahn. Im Unterkiefer der unbestrahlten Seite war der 1. Milchprämolar gelockert.

Am 30. IV. 1930 sah man im Unterkiefer des Kontrollhundes die 2. bleibenden Molaren, ebenso lingualwärts von den Milchhaken die bleibenden Hakenzähne.

Inzwischen war bei Hund 1 im Oberkiefer der unbestrahlten Seite an Stelle des 2. Milchprämolaren der 2. bleibende Prämolar getreten, im Unterkiefer lingual vom Milchhaken der bleibende Hakenzahn, an Stelle des 1. Milchprä-

molaren der 1. bleibende Prämolar und lingualwärts vom 3. Milchprämolaren der 3. bleibende Prämolar. Ferner waren im Unterkiefer besagter Seite der 2. bleibende Molar und im Oberkiefer der 2. bleibende Prämolar im Durchbruch. Im Unterkiefer der bestrahlten Seite konnte eine starke Lockerung des Milchhaken festgestellt werden.

Hund 3 wies auf der bestrahlten Seite keine Veränderungen auf. Dagegen zeigte sich im Unterkiefer der nichtbestrahlten Seite der Lückzahn und der 1. bleibende Prämolar. Im Oberkiefer hatte sich der 2. Milchprämolar gelockert und palatinalwärts kam der 2. bleibende Prämolar zum Durchbruch.

Somit ergibt sich am 30. IV. 30 folgendes Bild:

Hund 1:

1 I II III (4) H III II I	I II III H (4) III (2) I 1
	(Ş) (3)
(2) 1 I II III III II I	I II III H (4) III 2 1 1 (2)

Hund 2:

1 I II III 4 H 3 2 1	1 2 3 H 4 III II I 1
(Ş)	(Ş)
(2) 1 I II III 4 H 3 2 1	1 2 3 H 4 III II I 1 (2)

Hund 3:

1 I II III (4) H III II I	I II III H 4 III (2) I 1
(2) 1 I II III H III II I	I II III H 4 III II (1) 1 (2)

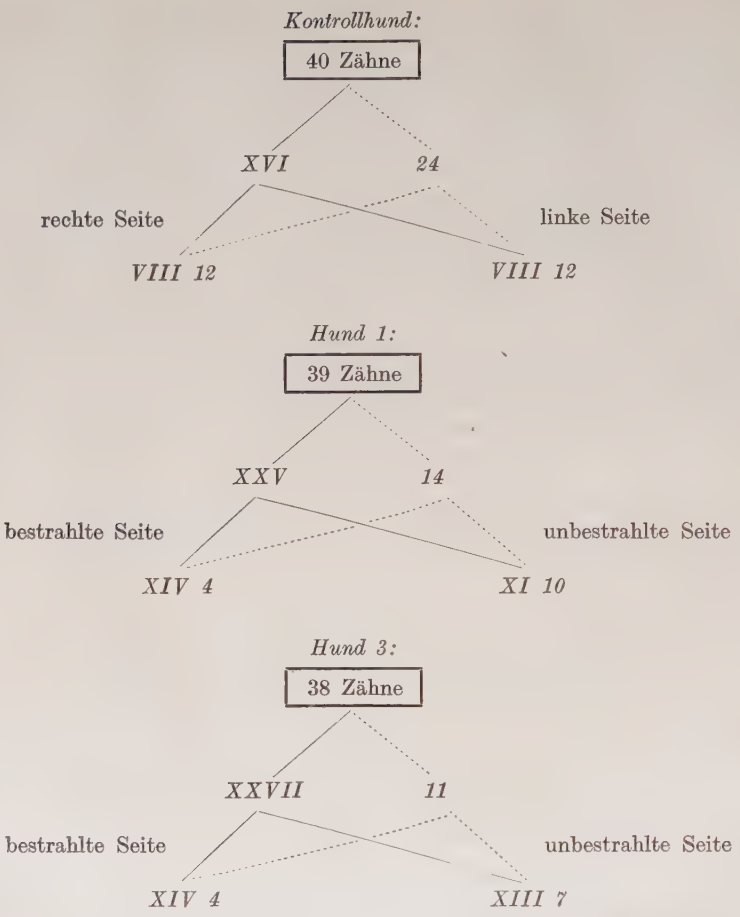
Zusammenfassend läßt sich sagen, daß beim Kontrollhund die Molaren später erschienen sind als bei den anderen Tieren. Dafür ist aber bei ihm der Zahnwechsel bedeutend regelmäßiger vor sich gegangen. Anders dagegen verhalten sich die Versuchshunde. Hier persistieren die Milchzähne, in allererster Linie die der bestrahlten Seite.

Die Anzahl und Art der Zähne sowie ihre Verteilung ergibt sich am besten aus nachstehender Aufzeichnung. Die Milchzähne sind auch hier mit römischen und die bleibenden mit arabischen Ziffern eingetragen.

Der Kontrollhund besitzt im ganzen 40 Zähne:
16 Milchzähne *24 bleibende Zähne,*
die sich regelmäßig auf beide Seiten verteilen. Demgemäß befinden sich auf jeder Seite
8 Milchzähne *12 bleibende Zähne.*

Hund 1 verfügt über 39 Zähne, nämlich
25 Milchzähne *14 bleibende Zähne.*
Auf der bestrahlten Seite stehen
14 Milchzähne *4 bleibende Zähne.*
auf der unbestrahlten
11 Milchzähne *10 bleibende Zähne.*

Hund 3 besitzt 38 Zähne:
27 Milchzähne *11 bleibende Zähne.*
Davon sind lokalisiert auf der bestrahlten Seite
14 Milchzähne *4 bleibende Zähne,*
auf der unbestrahlten Seite
13 Milchzähne *7 bleibende Zähne.*



Mithin ist das Verhältnis hinsichtlich der Menge der Milchzähne zu den bleibenden bei den Versuchshunden umgekehrt proportional dem des Kontrollhundes. Dazu kommt, daß sich bei den Versuchstieren auf der bestrahlten Seite die meisten Milchzähne befinden und nur wenige bleibende. Andererseits ist auf der unbestrahlten gegenüber der bestrahlten Seite die Zahl der Milchzähne geringer, jedoch die der bleibenden höher.

Am 30. IV. 1930 wog:

Hund	1.	5095 g
„	2.	10395 g
„	3.	6345 g

Der Ausfluß aus den Augen des Hundes 1 hatte gänzlich nachgelassen. Die Cornea beider Augen war in ein weißliches, undurchsichtiges, dickes Gewebe umgewandelt. Auch bei Hund 3 konnte auf dem rechten Auge ein Leukoderm festgestellt werden.

Am 5. V. wurde der Kontrollhund tot im Stalle aufgefunden. Der Sektionsbefund ergab als Todesursache eine einseitige, eitrige Pneumonie. Die Organe

waren normal bis auf eine Schwellung der Milz, ein Umstand, der auf Toxinwirkung aus dem primären Krankheitsherd zurückzuführen ist.

Bald nach dem Tode des Kontrollhundes stellte sich bei den Versuchshunden eine rapide Verschlechterung des Allgemeinzustandes ein. Hund 3 ließ eine Schwellung der depigmentierten Teile am Ober- und Unterkiefer sowie an der Nase erkennen. Auch bei Hund 1 konnte Schmerzempfindung durch Druck auf die Nase ausgelöst werden. Aus beiden Nasenlöchern floß braunes Sekret, das zu Krusten an den Öffnungen eintrocknete. Der Hund war hypersensibel. Die geringste Berührung an der Schnauze, insbesondere das Hochheben der Oberlippe, war mit großen Schmerzen verbunden. Die bestrahlte Seite zeigte an den Zahnreihen eine Schwellung der Weichteile, die bis auf die Regio mentalis übergriff. Die Schwellung war derbe, druckempfindlich, die Haut unverändert und die Temperatur erhöht. Die Augenlider waren durch eitrigen Ausfluß mit Krusten bedeckt, die Nase warm und trocken. Auch Hund 3 bekam die gleiche Schwellung mit allen oben geschilderten Symptomen; nur hatte hier die Ausdehnung noch größeren Umfang angenommen und sogar auf die linke, also unbestrahlte Seite übergegriffen. In der Umschlagfalte des rechten Oberkiefers befand sich in Höhe des 2. Prämolaren ein Ulcus etwa linsengroß mit scharfen Rändern, die steil nach dem schmierig belegten Grunde zu abfielen. Auch in diesem Falle gestaltete sich für das Tier die Untersuchung außerordentlich schmerzhaft.

Als letztes klinisches, diagnostisches Hilfsmittel diente die Bestimmung des Grundumsatzes.

Hund 1:

In 3 Stunden:

Produktion	7,914 l CO_2
Verbrauch	10,640 l O_2

das sind in 24 Stunden:

Produktion	63,312 l CO_2
Verbrauch	85,120 l O_2

Das Verhältnis zwischen produzierter CO_2 und verbrauchtem O_2 bezeichnet man als respiratorischen Quotienten. Dieser betrug in dem Falle 0,7438. Von der O_2-Menge errechnet sich die Calorie unter Berücksichtigung des respiratorischen Quotienten (indirekte Calorimetrie) laut Tabelle. Das waren hier 402,77 Cal. Aus dem Tagesverbrauch an O_2 ergibt sich dann die Wärmeproduktion in Calorien:

a) Caloriemenge pro Kilogramm für 24 Stunden: 402,77 : 5,235 = 76,94 Cal.

Weil diese Zahl pro Kilogramm abhängig ist von der Größe des Tieres, muß die Wärmeproduktion auf die Oberfläche bezogen werden, denn Wärmeproduktion und Oberfläche sind proportional.

b) Caloriemenge pro Flächeninhalt = Quadratmeter für 24 Stunden.

Berechnung der Fläche aus dem Körpergewicht geschieht nach der Formel:

Oberfläche = Konstante K (für jede Tierart verschieden), multipliziert mit $\sqrt[3]{5{,}235^2}$.

Ergebnis in 24 Stunden pro Quadratmeter = 1192,8 Cal.

Hund 3:

In 4 Stunden:

Produktion	11,108 l CO_2
Verbrauch	15,230 l O_2

In 24 Stunden:

Produktion . . . . . 66,648 l CO_2
Verbrauch . . . . . 91,380 l O_2

Respiratorischer Quotient = 0,7293.

In 24 Stunden Produktion: 430,75 Cal.
Pro Kilogramm. . . 66,83 Cal.
Pro Quadratmeter . 1110,60 Cal.

Demnach waren die Tiere im Grundumsatz anscheinend normal; denn dieser beträgt für gleiche Tiere 1000—1100 Calorien. Der klein wenig höhere Wert konnte bedingt sein durch den bestehenden Entzündungsprozeß bzw. durch Bewegung, die dem Aufenthalt in einem ungewohnten Raume zuzuschreiben war.

An Hand der klinischen Untersuchungsmethoden war es also bisher immer noch nicht gelungen, eine Erklärung für den Allgemeinzustand der bestrahlten Hunde hinsichtlich ihrer Entwicklungshemmung zu finden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß an Hand der Ergebnisse mit ziemlicher Sicherheit pathologische Veränderungen an den Nieren, an der Leber, am Pankreas, am Hinterlappen der Hypophyse und an der Schilddrüse ausgeschaltet werden konnten. Dafür spricht der negative Befund hinsichtlich Eiweiß, Zucker, Gallenfarbstoffe und das normale Resultat der Grundumsatzbestimmung. Ebenso ergab die Untersuchung des hämatopoetischen Apparates keinerlei Anhaltspunkte, die eine Aufklärung ermöglichten.

Die Vermutung erschien daher berechtigt, daß es sich bei den Versuchshunden nur um eine Störung des endokrinen Drüsensystems handeln könnte. Es bestand immerhin die Möglichkeit, daß der drüsige Vorderlappen der Hypophyse durch die Röntgenstrahlen geschädigt worden war, was einer Funktionsstörung dieses Organes gleichkommen würde.

Die nun einsetzenden Experimente gingen darauf hinaus, dem Körper das in Fortfall gekommene Hormon wieder zuzuführen, um dadurch das Wachstum anzuregen. In der Annahme, daß gerade beim schwächsten Hunde sich die Wirkung am ehesten zeigen müßte, wurde Hund 1 mit Hypophysin behandelt. Der Hypophysenextrakt bestand aus den drüsigen Vorderlappen von 5 Rinderhypophysen, die mit Alkohol untermischt und mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnt waren. Die Hypophysensubstanz betrug $7^1/_2$ g einschließlich Alkohol, das Zentrifugat ergab 4 ccm. Davon wurden Hund 1 2 ccm subcutan in den linken Oberschenkel injiziert.

Bisher hatten die Hunde immer noch eine Gewichtszunahme zu verzeichnen. Am 12. V. 1930 stellte sich das Gewicht:

Bei Hund 1 auf 5235 g
„ „ 3 „ 6445 g

Damit war aber der Höhepunkt erreicht; denn in der Folgezeit nahm der Gesundheitszustand der Tiere rapide ab, und das Körpergewicht ging am 17. V. 1930:

bei Hund 1 auf 5115 g
„ „ 3 „ 6205 g

zurück. Ein weiteres Experimentieren wurde somit unmöglich.

Aus dem rechten Nasenloch des Hundes 1 lief ein stinkender, dünnflüssiger Eiter. Hund 3 zeigte eine weitere Zunahme der Schwellung, deren Konsistenz

außerordentlich derbe war. Zu dem Ulcus in der Umschlagfalte des rechten Oberkiefers, das nun etwa Bohnengröße erreicht hatte, gesellte sich im Unterkiefer derselben Seite eine etwa erbsengroße Ulceration in Höhe des 1. Prämolaren und des 1. Molaren. Das Zahnfleisch begann geschwürig zu zerfallen.

Inzwischen waren bei den Hunden am Zahnsystem umfangreiche Veränderungen aufgetreten. Auf der bestrahlten Seite erschien am 7. V. 1930 beim Hund 1 im Unterkiefer zwischen dem 3. Milchprämolaren und Milchhaken der bleibende Hakenzahn und buccal von ihm der Lückzahn. Auf der unbestrahlten Seite wurden im Unterkiefer der 2. und 3. Milchschneidezahn durch die entsprechenden bleibenden ersetzt. Einige Tage später brach auf der bestrahlten Seite lingual vom 3. Milchprämolaren der 3. bleibende Prämolar durch, auf der nichtbestrahlten war der Milchhaken im Unterkiefer ausgefallen und der 3. Milchprämolar gelockert. Am 17. V. 1930 war im Oberkiefer an Stelle des 1. Milchprämolaren der 1. bleibende und lingualwärts vom 2. Milchprämolaren der 2. bleibende Prämolar getreten. Im Unterkiefer besagter Seite war der 1. Milchprämolar gelockert, ebenso der Lückzahn, der Milchhaken, der 1., 2. und 3. Milchschneidezahn. Auf der unbestrahlten Seite im Unterkiefer befanden sich der 1 Milchschneide-, der 1., 2. bleibende Schneidezahn und der Lückzahn im Ausfall. Sämtliche bleibenden Zähne zeigten Veränderungen betreffs ihrer Gestalt und hatten zum größten Teil Zapfenform angenommen.

Ähnlich verhielt sich das Gebiß des Hundes 3. Auf der bestrahlten Seite wurde im Oberkiefer zunächst der 2. Milchprämolar durch den bleibenden ersetzt. Im Unterkiefer stand zwischen dem Milchhaken und dem 3. Milchprämolaren der Lückzahn. Auf der unbestrahlten Seite erschien lingual vom 3. Milchprämolaren der entsprechende bleibende und der 2. Prämolar war gewechselt. Dann brach auf der nichtbestrahlten Seite im Unterkiefer lingualwärts von den Milchschneidezähnen der 1. und 2. bleibende Incisivus durch, ebenso lingual vom Milchhaken der bleibende Hakenzahn. Am 17. V. 1930 waren dann im Oberkiefer der unbestrahlten Seite palatinal vom 3. Milchschneidezahn und vom 3. Milchprämolaren die entsprechenden bleibenden Zähne getreten.

Somit ergibt sich aus dem Obengenannten nachstehende Zahnformel:

Hund 1:

1 (1) II III 4 H III II I (2)	I II III H 4 2I 1
(2) 1 II III ♀	2 3 ♀ (3) 2I 1 (2) gelockert

Hund 3:

1 I (2) III (4) H III II I	I II III H (4) III II I 1 (3) (3) (2)
(2) 1 I II III (4) H III II I	(1) (2) (♀) (3) I III H (4) III 2 Lücke 1 1 (2)

Hund 1 verfügte demnach also über 41 Zähne:

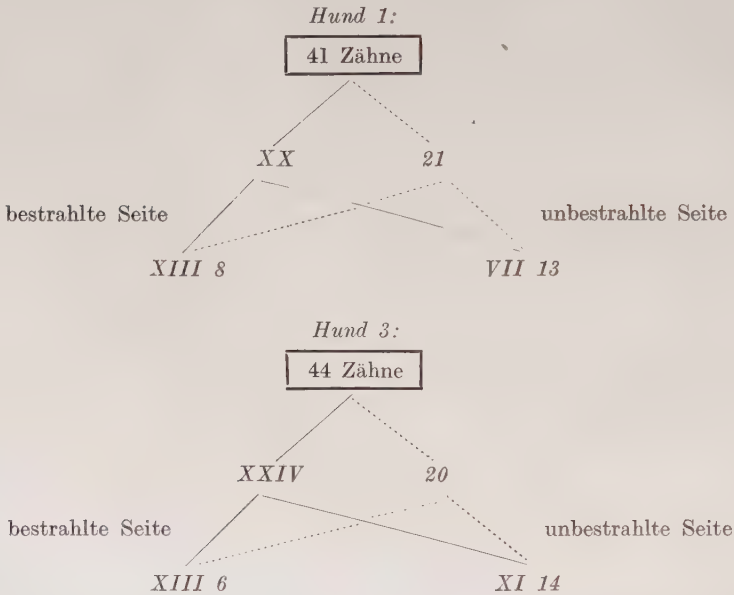
20 Milchzähne *21 bleibende Zähne,*

die sich wie folgt verteilen:

Bestrahlte Seite
13 Milchzähne *8 bleibende Zähne,*
unbestrahlte Seite
7 Milchzähne *13 bleibende Zähne.*

Die Gesamtzahl der Zähne bei Hund 3 betrug 44:
24 Milchzähne *20 bleibende Zähne.*

Davon entfielen auf die bestrahlte Seite
13 Milchzähne *6 bleibende Zähne,*
auf die unbestrahlte
13 Milchzähne *14 bleibende Zähne.*



Vergleicht man die vorhergehende Aufstellung mit der letzten, so ergibt sich auf der bestrahlten Seite keine Abnahme der Milchzähne und nur eine geringe Zunahme der bleibenden, während auf der unbestrahlten eine geringe Abnahme der Milchzähne und eine zum Teil erhebliche Zunahme der bleibenden Zähne zu verzeichnen ist. Das Interessante des letzten Befundes aber ist, daß beim Hund 1 die bleibenden Zähne fast durchweg stark gelockert waren.

Am 19. V. 1930 besagt das Protokoll: Hund 1 liegt im Sterben und hat seit den letzten 48 Stunden keine Nahrung mehr zu sich genommen. Aus beiden Nasenlöchern fließt unaufhörlich dünnflüssiger Eiter in großer Menge. Das gleiche ist auch beim Hund 3 der Fall. Hier haben sich die Ulcerationen noch mehr vergrößert, die Schwellung ist noch derber geworden, und der Ausfluß aus der Nase hat stark zugenommen.

Am gleichen Tage wurden die Hunde durch Blausäureeinspritzung in die Lungen getötet. Die sich daran anschließende Obduktion ergab folgenden Befund:

Hund 1: Nach Öffnung in normaler Lage bedeckt das Netz die Eingeweide. Nach Entfernung desselben sieht man ein Stück vom Ileum in etwa 10 cm Länge blaurot gefärbt.

In einzelnen Darmteilen vom Colon Gasansammlung. Nach Aufschneiden des Darmes Enteritis haemorrhagica im Dickdarm. Einzelne Ascariden. Rippenknorpelgelenke stark verdickt (Rachitis).

Leber: Zum Teil hell, zum Teil gelblich oder gelbbraun, Gewicht 280 g.
Milz: Hämorrhagien, Gewicht 12 g.
Nieren: Normal, Gewicht rechts 25 g, links 26 g.
Nebennieren: Normal, Gewicht 2,3 g
Pankreas: Normal.
Lunge: Blaßrosa, puffig, elastisch.
Herz: Schwach mit Blut gefüllt, Gewicht 65 g.
Thymus: Normal.
Schilddrüse: Normal.
Ovarien und Uterus: Wenig entwickelt.
Kehlkopf: Epiglottis sehr schwach.
Gehirn: Hypophysis kaum pfefferkorngroß.

Die Öffnung des linken Oberschenkels zeigt in der Umgebung der Hypophysineinspritzung eine schwere Nekrose von der Größe eines Handtellers, die bis in das kleine Becken hineinreicht.

Hund 3: Nach der Öffnung in normaler Lage bedeckt das Netz die Eingeweide. Nach Entfernung desselben liegen die Darmschlingen frei und haben eine grauweiße Farbe, sind also ohne Befund. Im Ileum submukös befindet sich eine etwa erbsengroße Verdickung. Die Darmschleimhaut ist leicht verdickt. Enteritis catarrhalis. Vereinzelte Ascariden. Der Anfangsteil des Duodenums ist besonders stark verdickt, desgleichen die Rippenknorpelgelenke (Rachitis).

Leber: Rotbraune Läppchenzeichnung erkennbar, Konsistenz derb, Gewicht 220 g.
Milz: Normal, Gewicht 15 g.
Nieren: o. B. Gewicht rechts 26 g, links 24 g.
Nebennieren: Aussehen normal, Gewicht 1,5 g.
Pankreas: Normal.
Lunge: Blaßrosa, puffig, elastisch.
Herz: Muskel schwach, Vorkammer und Herzkammer ohne Füllung, Gewicht 46 g.
Thymus: Normal.
Schilddrüse: Normal.
Uterus: Infantil.
Ovarien: Normal entwickelt betreffs der Größe.
Kehlkopf: Epiglottis sehr weich.
Gehirn: Hypophysis klein.

Die Obduktion des Schädels ergibt bei beiden Tieren eine Nekrose des Bodens der rechten Orbita, der Siebbeinzellen, der Nasenscheidewand und der Muscheln beider Seiten.

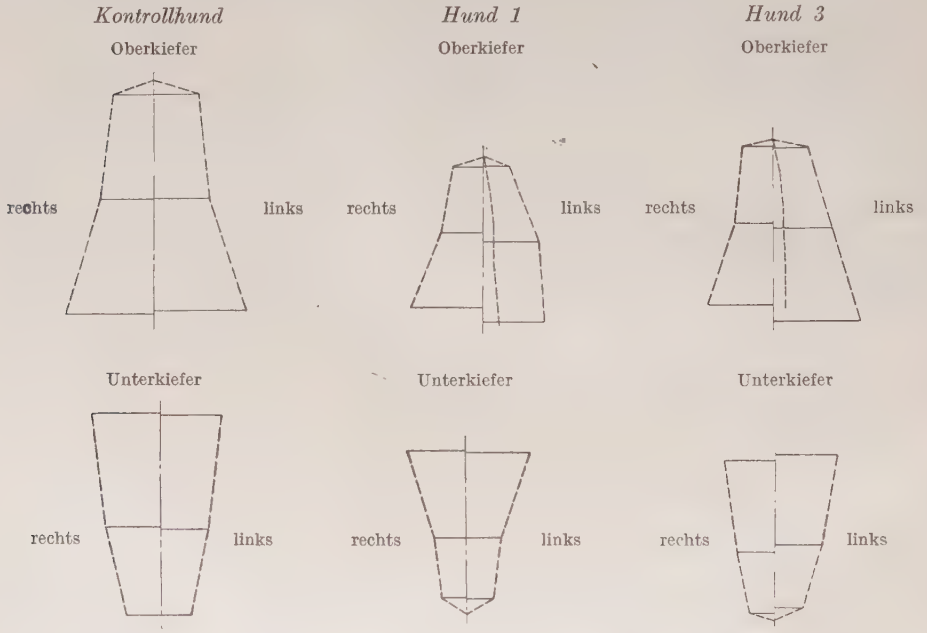
Die nun erfolgten Messungen der Kiefer wurden nach rein orthodontischen Gesichtspunkten vorgenommen.

Oberkiefer

	Hund 1		*Kontrollhund*		*Hund 3*	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
	mm		mm		mm	
Raphe—Eckzahnspitze	9	8	12	12	9	10
Raphe—Spitze 3. Prämolar	12	16	16	16	11	17
Raphe—medial-buccale Höckerspitze 1. Molar	21	23	26	27	19	25
Papille—Interdentalraum der mittleren Schneidezähne	3		7		1	
Interdentalraum—Eckzahnspitze	9	8	13	13	9	10
Eckzahnspitze—3. Prämolarenspitze	20	24	31	31	23	25
3. Prämolarenspitze—medial-buccaler Höcker 1. Molar	24	24	36	36	25	28

Unterkiefer

	Hund 1 rechts	links	*Kontrollhund* rechts	links	*Hund 3* rechts	links
	mm		mm		mm	
Raphe—Eckzahnspitze	7	8	10	9	7	8
Raphe—Spitze 3. Prämolar	9	10	16	14	11	13
Raphe—mittlerer Höcker 1. Molar	17	19	20	18	15	18
Raphe Interdentalraum mittlere Schneidezähne—Eckzahnspitze	8	9	10	9	7	9
Eckzahnspitze—3. Prämolar	18	18	27	26	18	19
3. Prämolar—mittlere Höckerspitze 1. Molar	27	27	34	34	27	27



Bei den bestrahlten Hunden ist eine Abweichung der Raphe palatina im Oberkiefer nach der linken Seite zu verzeichnen. Danach beträgt die Differenz zwischen der Ist- und Soll-Linie gemessen in Abständen von 1 cm, ausgehend vom Interdentalraum der mittleren Schneidezähne nach hinten, beim *Hund 1* und *Hund 3*:

	Hund 1	Hund 3
Interdentalraum 1 cm	2 mm	2 mm
„ 2 cm	3 mm	3 mm
„ 3 cm	3 mm	3 mm
„ 4 cm	4 mm	3,5 mm
„ 5 cm	5 mm	3,5 mm

Daraus ergibt sich, daß die Kiefer der bestrahlten Tiere erheblich im Wachstum gegenüber denen des Kontrollhundes zurückgeblieben sind. Dies gilt sowohl für die Längen- als auch für die Breitenmasse. Dazu kommt noch namentlich im Oberkiefer eine Verkürzung des Längen- und Breitenwachstums der bestrahlten Seite gegenüber der nichtbestrahlten.

Die Zähne standen bei den Versuchshunden so unregelmäßig, daß von einer Okklusion und Artikulation gar keine Rede mehr war.

Histologischer Befund der inneren Organe bei Hund 3.

Zunge: Auffallend ist die absolute Drüsenarmut im submukösen Gewebe. Drüsen atrophisch. Die Tunica propria zeigt Zellinfiltrationen. Herdförmige Zellinfiltrationen reichen bis in das Epithel. Auf dem Zungenrücken sowie auf dem Zungengrunde sieht man eine direkte Durchwanderung der Zellen durch das Epithel, eine Erscheinung, die wohl als Folge des Speichelmangels aufzufassen ist. Nerven normal; Glossitis catarrhalis; entzündliche Infiltrationen des Papillarkörpers.

Tonsillen: Normal. Epithel intakt.

Schilddrüse: Makroskopisch sehr groß. Vermehrung des Struma colloidale. Kolloidstauung. Die in den Schilddrüsen gelegenen Epithelkörperchen sind ohne Befund.

Parotis: Das Bindegewebe ist zwischen den Drüsenläppchen stark vermehrt; dementsprechend sind die Drüsen teilweise stark atrophisch, die Kerne undeutlich.

Glandula submaxillaris: Enorme Vermehrung des Interstitiums. Das Drüsenepithel ist niedrig, flach und hat wenig Speichelsekretion. Zahlreiche Lymphocyten und Plasmazellen.

Kehlkopf: o. B.

Lungen: Füllung der Bronchien mit kleinen eitrigen Herden.

Herz: Normal.

Nieren: o. B.

Leber: Capillaren weit. Leberzellbalken weit voneinander entfernt. Endothelkerne der Capillaren intakt.

Milz: Pulpa zellreich. Malpighische Körperchen kräftig.

Ovar: In der Rinde überall Primärfollikel. Interstitielle Drüsen kräftig entwickelt.

Ulcus: Die histologische Untersuchung zeigt eine proliferative Entzündung, Neubildung von Blutgefäßen, Zellinfiltrationen, hyaline Entartung der Muscularis der Gefäße, Ödem.

Siebbeinzellen: Knochen nekrotisch.

Die Untersuchung der übrigen Organe: Darm, Pankreas, Nebennieren, Thymus und Uterus ergab keine Abweichung von der Norm.

Histologischer Befund an Kiefer und Zähnen.

Der Schnitt durch den Milcheckschneidezahn im Unterkiefer der bestrahlten Seite zeigt an der Wurzelspitze Resorptionserscheinungen bis in das Dentin, starke Bindegewebsvermehrung im Periodontium und Verbreiterung des Periodontalraumes. Dazu kommen Resorptionsvorgänge im Knochen, massenhafte Riesenzellen auf der medialen Seite der medialen Alveole in Resorptionslacunen. An der distalen Seite läßt sich starker Höhenschwund der Alveole erkennen. Der oberste Teil der Alveole ist inselartig durch Bindegewebe abgetrennt, und die Pulpa weist Mehrschichtigkeit der Odontoblasten mit geringer Erweiterung der Gefäße auf. Der noch im Unterkiefer gelegene Fangzahn der bestrahlten Seite zeigt Mehrschichtigkeit der Odontoblasten, wobei die regelmäßige Anordnung undeutlich wird. Die Dentingrenze ist wellig, und die dentinogene Zone erscheint verbreitert. Im übrigen besteht eine Hyperämie der Pulpa. Das Epithel ist intakt.

Histologischer Befund der inneren Organe bei Hund 1.

Zunge: Drüsen atrophisch. Zellinfiltration fehlt. Muskulatur normal. Epithel intakt.

Tonsillen: o. B.

Schilddrüse: o. B.

Glandula submaxillaris: Mäßige Zellinfiltrationen im Interstitium. Drüsen noch gut erhalten.

Kehlkopf: o. B.

Lungen: o. B.

Herz: Vereinzelte körnige, leichte Fetteinlagerung. Kerne gut erhalten.

Nieren: o. B.

Leber: Fettige Degeneration mit erheblicher körniger Fetteinlagerung.
Siebbeinzellen: Knochen nekrotisch.
Oberkieferschleimhaut: Drüsen atrophisch. Epithel intakt, ohne reaktive, subepitheliale Zellvermehrung.

Die Untersuchung der übrigen Organe: Darm, Pankreas, Milz, Nebennieren, Thymus, Uterus und Ovarien ergab keine Abweichung von der Norm.

Histologischer Befund an Kiefer und Zähnen.

Bei dem im Oberkiefer gelegenen 3. Prämolaren der bestrahlten Seite fällt ebenfalls die Mehrschichtigkeit der Odontoblasten besonders im Kronenteil auf. Außerdem besteht eine Gefäßerweiterung geringen Grades. Das Epithel ist intakt. Am 1. bleibenden Molaren der bestrahlten Seite haben wir ebenfalls eine Mehrschichtigkeit der Odontoblasten sowie eine Zellvermehrung im Pulpagewebe, das unmittelbar der Odontoblastenschicht anliegt. Auch hier wird das Bild von der Hyperämie beherrscht.

Histologischer Befund der Hypophysen.

Die Hypophysen der bestrahlten Tiere sind im Vergleich zu der des Kontrollhundes verändert. Schon makroskopisch sieht man ein dentliches Zurückbleiben im Wachstum. Die Hypophyse des Hundes 3 ist etwa nur halb so groß wie die des Kontrolltieres, während die des Hundes 1 kaum die Größe eines Pfefferkornes erreicht. Außerdem läßt sich im histologischen Bilde quantitativ eine Unterentwicklung des drüsigen Vorderlappens erkennen. Wahrscheinlich sind die basophilen Zellen in ihrer Anzahl verringert, jedoch konnten hinsichtlich der Menge der basophilen und eosinophilen Zellen mit Sicherheit keine genauen Resultate erzielt werden.

Das Ergebnis der Versuche läßt sich in folgenden Punkten zusammenfassen. Durch die Einwirkung der Röntgenstrahlen ergibt sich:

1. Wachstumshemmung des ganzen Individuums.
2. Entwicklungshemmung der Kiefer der bestrahlten Seite hinsichtlich des Längen- und Breitenwachstums.
3. Abweichung im Verlauf der Raphe palatina, deren konvexe Krümmung nach der den Strahlen abgekehrten Seite gerichtet ist.
4. Zerstörung und Persistieren der Milchzähne, von denen sich die meisten auf der bestrahlten Seite befinden.
5. Mangelhafter Durchbruch der bleibenden Zähne, der wiederum auf der bestrahlten Seite stärker in Erscheinung tritt als auf der unbestrahlten.
6. Mehrschichtigkeit und unregelmäßige Anordnung der Odontoblasten.
7. Schwere Schädigung aller Drüsen am Orte der Strahleneinwirkung.
8. Unterentwicklung der Hypophyse der bestrahlten Tiere.

Die sich am obigen Befund anknüpfenden Betrachtungen lassen es fraglich erscheinen, ob diese Veränderungen primär durch die Röntgenstrahlen allein bewirkt wurden. Zweifellos ist auch die Hypophysis von den Strahlen getroffen worden, so daß der Befund auf die Schädigung dieses Organes, sei es nun des Zwischenlappens oder Drüsenlappens, zurückgeführt werden kann.

Aschner und *Trautmann* konnten nämlich hypophysektomierte junge Hunde längere Zeit am Leben erhalten. Es zeigte sich an solchen Tieren ein Symptomenkomplex, der als Kachexie hypophyseopriva bezeichnet wird und an thyreoprive Kachexie erinnert. Danach bleiben jugendliche Tiere erheblich im Wachstum zurück, behalten ihren infantilen Habitus und zeigen wollartiges Haarkleid, Persistieren der Milchzähne, Ausbleiben der bleibenden Zähne und der Pubertäts-

entwicklung. Dazu gesellen sich unter anderem Apathie, Abnahme der Körpertemperatur, des Blutdruckes, des Gaswechsels, ausgeprägte Hypoplasie des gesamten Genitalapparates und durch subcutane Fettablagerung verursachte mehr oder weniger hochgradige Fettsuchterscheinungen, die sich bei erwachsenen Tieren ausprägen.

Es sei mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Dr. *W. Adrion* für die Ratschläge und die Überlassung eines Arbeitsplatzes im Laboratorium zu danken.

Gleichzeitig möchte ich an dieser Stelle allen denen danken, die mir ihre gütige Unterstützung haben zuteil werden lassen und somit die Durchführung der Versuche ermöglicht haben, insbesondere: Herrn Professor Dr. *Axhausen*, Herrn Professor Dr. *v. Bergmann*, Herrn Professor Dr. *Dobberstein*, Herrn Privat-Dozent Dr. *Graf*, Herrn Professor Dr. *Mangold*, Herrn Dr. *Ostwald*, Herrn Professor Dr. *Pieck*, Herrn Professor Dr. Dr. *Schröder*, Herrn Professor Dr. *P. Trendelenburg*.

Literaturverzeichnis.

Aschenheim, E., Schädigung einer menschlichen Frucht durch Röntgenstrahlen. Strahlentherapie. **11**, 789—795 (1920) — Zit. nach *v. Hippel, Brunner, Schwarz, Krukenberg.* — *Baensch, W.*, Knochenschädigung nach Röntgenbestrahlung (Schenkelhalsspontanbruch beiderseits 3 Jahre nach Uteruscarcinombestrahlung). Fortschr. Röntgenstr. **36**, 1245—1247 (1927). — *Bloch, Br.*, Die experimentelle Erzeugung von Röntgencarcinomen beim Kaninchen usw. Schweiz. med. Wschr. **1924**, Nr 38, 857—965. — *Domagk, K.*, Gewebsveränderungen nach Röntgenbestrahlungen. Erg. inn. Med. **33**, 1—62 (1928) — Zit. nach *Beermann, Grassmann, Linser, Recamier, Segall.* — *Dyroff, R.*, Experimentelle Beiträge zur Frage der Nachkommenschädigung durch Röntgenstrahlen. Strahlentherapie. **24**, 288—312 (1926) — Zit. nach *Hertwig, Nürnberger.* — *Feldweg, P.*, Ein ungewöhnlicher Fall von Fruchtschädigung durch Röntgenstrahlen (Schädigungen der Unterarme des Kindes; Fehlen beider Radii u. a.). Strahlentherapie. **26**, 799—801 (1927). — *Flaskamp, W.*, Zur Frage der Schädigung der Nachkommenschaft durch Röntgenstrahlen. Strahlentherapie. **24**, 282—287 (1926) — Zit. nach *Gotthardt*, Über Lokal- und Allgemeinschädigungen des menschlichen Körpers durch Röntgenstrahlen und radioaktive Substanzen **6**, 426—427, Zahnschädigungen). — *Försterling, K.*, Über Wachstumsstörungen nach kurzdauernden Röntgenbestrahlungen. Zbl. Chir. **1906**, Nr 19, 521—525 — Zit. nach *Perthes*, Arch. klin. Chir. **71**, 978. — *Gabriel, G.*, Die Beeinflussung von Tierorganen durch Röntgenbestrahlung (Innere Organe bei Katzen und Hunden). Strahlentherapie. **22**, 107—124 (1926) — Dtsch. med. Wschr. **1926**, Nr 11, 449. — *Geller, F. Ch.*, Die Wirkung der Röntgenstrahlen auf jugendliche Organismen. Klin. Wschr. **1924**, Nr 14, 561 bis 566 (Lit.). — *Gotthardt*, Über Zahnschädigungen nach Röntgenbestrahlungen. Fortschr. Röntgenstr. **30**, Kongreßh., 139 (1922). — *Grassmann, M.*, Zur Kasuistik der Röntgenspätschädigung der Knochen. Münch. med. Wschr. **1927**, Nr 46, 1960 — Zit. nach *Jüngling, Stordeur.* — *Herbst, E.*, Fehlgriffe der Orthodontie. Zwergzahnbildung infolge Zahnkeimschädigung durch Röntgenstrahlen. Fortschr. Zahnheilk. **3** I, 855—879, 867—868 (1927). — *Iselin*, Über Wachstumsschädigungen junger Tiere durch Röntgenstrahlen. Fortschr. Röntgenstr. **19**, 473—474 (1913). — *Leist, M.*, Über die Einwirkung der Röntgenstrahlen und des Radiums auf Zähne und Kiefer. Strahlentherapie. **24**, 268—281 (1926) — Odontologischer Befund bei 6 Kindern von intra graviditatem mit Röntgenstrahlen bzw. Radium bestrahlten Müttern. Z. Stomat. **24**, H. 5, 448—542 (1926) — Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung der Röntgenstrahlen und des Radiums auf die zweite Dentition. Z. Stomat. **24**, H. 5, 452—460 (1926) — Über Röntgenschädigung der Zähne. Z. Stomat. **23**, Nr 9, 797

(1925). — *Müller, W.*, Der Einfluß der Röntgenstrahlen auf den Knochen. Münch. med. Wschr. **1923**, Nr 30, 980—981. — *Müller, W.*, zit. nach *Czepa, Dieterle, Dubrenil, Hoffmann, Iselin, Kluzet, Kohler, Schindler, Salvetti.* — *Nürnberger, L.*, Zur Frage der Keimschädigung durch Röntgenstrahlen. Strahlenther. **21**, 577—599 (1926). — *Perthes, G.*, Über Visierlappenplastik und Spätnekrose infolge von Röntgenbestrahlung. Arch. klin. Chir. **127**, 164—177 (1923) (S. 174—176: Über Spätnekrose des Knochengewebes nach Röntgenbestrahlung) — Zit. nach *Hellmann, Petersen.* — *Politzer, G.*, Über die spezifische Wirkung der Röntgenstrahlen. Strahlenther. **27**, 533—544 (1927) (Lit.). — *Rahm, H.*, Spätnekrose der Mandibula nach Röntgenbestrahlungen. Strahlenther. **25**, 338—345 (1927). — *Seynsche, K.*, Keimdrüsenbestrahlung und Nachkommenschaft. Strahlenther. **21**, 600—607 (1926). — *Walter, R.*, Über Wachstumsstörungen junger Tiere durch Röntgenstrahlen. Fortschr. Röntgenstr. **19**, 123—142 (1913) (Lit.) (vgl. *Iselin*) — Zit. nach *Bertin, Birch-Hirschfeld, Bordier, Cohn, Försterling, Krukenberg, Rodet, Schmidt, Wetterer.* — *Wetterer, J.*, Handbuch der Röntgen- und Radiumtherapie Bd **2**. Leipzig: O. Nemmich 1928 (S. 720—723: Die Röntgentherapie in der Zahnheilkunde; S. 720—721: Strahlenschädigung der Zähne) — Zit. nach *Pordes.* — *Zappert, J.*, Über röntgenogene fetale Mikrocephalie. Arch. Kinderheilk. **80**, 34—50 (1926) (Lit.).

Lebenslauf.

Ich, *Kurt Herold*, wurde am 1. Oktober 1897 zu Berlin als Sohn des Diplom-Ingenieurs Karl Herold geboren.

Nach Besuch der Kgl. Vorschule und des Kgl. Kaiser Wilhelm-Realgymnasiums zu Berlin kam ich in das Kadettenkorps Oranienstein und Groß-Lichterfelde und wurde von dort als Fähnrich dem Inf.-Rgt. Nr. 43 überwiesen, bei dem ich als Fähnrich und Offizier die Offensive vor Verdun und in den Karpathen mitmachte. Die Reifeprüfung bestand ich Ostern 1919 am Real- und Dom-Gymnasium zu Kolberg.

Nach meiner Verabschiedung studierte ich Zahnheilkunde an der Universität Berlin bis zum Abschluß des Studiums mit der zahnärztlichen Prüfung im Sommer 1930.

Printed in Germany